

Obtenció d'imatges de satèl·lits meteorològics polars amb una antena quadrifilar

Daniel Cañelles Bofarull
ETSETB UPC
Tutor: José Maria Miguel Lopez

Resum

Aquest treball explica com rebre imatges procedents de satèl·lits meteorològics d'òrbita polar. Dins el gran nombre de blocs que formen l'estació receptora, concretament jo m'he centrat en el disseny i construcció d'antenes per a rebre la senyal satelital.

D'entre totes les antenes que poden desenvolupar aquesta funció, jo per al meu treball he escollit l'antena quadrifilar. Una antena que a primera vista crida l'atenció per la seva forma estranya i que quan l'estudies descobreixes que en el seu funcionament s'uneixen varies assignatures de la carrera, Antenes, Teoria de circuits, Microones, RiOG, Camps, ...

Al llarg del treball s'ha simulat i experimentat amb varies antenes quadrifilars, fins finalment arribar a construir-ne dos al taller del D4, instal·lar-les en l'estació receptora i rebre en temps real imatges enviades des del satèl·lit.

Ja acabada la feina ets capaç de veure, com si estiguessis muntat en el satèl·lit, quin aspecte té el Nord d'Àfrica o si hi ha molts núvols al Regne Unit. Tot això des del PC de casa.

Un cop acabada la lectura del treball, si el lector en te ganes, es pot muntar la seva propia estació receptora. Tots els aparells usats i tots els processos de construcció han estat descrits amb detall i acompanyats per il·lustracions, a més tot el material usat és d'ús general i fàcil d'aconseguir a qualsevol lloc.

Agraïments

Agrair al meu tutor, José M. Miguel, la possibilitat de fer un PFC amb una part pràctica tant gran, on els coneixements no s'han quedat en els fulls de paper i he pogut veure funcionant el que prèviament havia dissenyat i simulat.

Agrair al Jordi els consells durant la construcció de les antenes i totes les coses que m'ha ensenyat sobre el treball en el taller. Segur les coses apreses hem seguiran sent útils en altres camps fora de la carrera.

Agrair a la família i amics(Palau, Barcelona i Lleida) el seu interès pel que estava fent i l'evolució del treball.

Índex

1	Introduccio	3
1.1	L'orbita polar	5
1.2	La NOAA i els seus satellits	8
1.3	El sistema AVHRR/3	10
1.4	El sistema APT	12
1.5	L'estacio receptora	16
2	Estudi d'antenes amb polaritzacio circular	18
2.1	Turnstile o dipol creuat	20
2.1.1	Comportament simulat de la turnstile	20
2.1.2	Contruccio d'una turnstile	23
2.2	Eggbeater	25
2.2.1	Comportament simulat de la eggbeater	26
2.3	Lindenblad	27
2.3.1	Comportament simulat de la Lindenblad	27
2.4	Double cross	29
2.4.1	Comportament simulat de la doublecross	29
2.5	Resum i comparativa de les simulacions	31
3	La QHA	33
3.1	Model fisic de la QHA	34
3.1.1	La QHA com una espira amb torsio	34
3.1.2	Geometria de la QHA	35
3.1.3	La QHA com un circuit RLC	36
3.2	Comportament simulat de la QHA	38
3.2.1	Anomalia en el diagrama de radiacio	41
4	Contruccio de la QHA	42
4.1	QHA variable d'Alumini	43
4.1.1	Disseny i contruccio de la QHA variable d'Alumini	43
4.1.2	Cost de la QHA d'alumini	47
4.2	QHA fixa de tub de coure	48
4.2.1	Contruccio de la QHA fixa de tub de coure	49

4.2.2	Cost de la QHA de tub de coure	53
5	Experiments i mesures	54
5.1	Sensibilitat de les antenes segons l'ICOM	54
5.2	Impedancia de la QHA de tub de coure	56
5.3	Algunes imatges obtingudes amb les QHA	58
5.4	Imatges obtingudes amb les QHA i WXtoImg	61
5.5	Proves de recepcio amb una antena monopol per FM	63
5.6	Receptor especific o d'us general	64
5.7	El Balun a la QHA	65
5.8	El Balun infinit o balun natural.	67
5.9	Importancia de l'etapa previa d'amplificacio	68
6	Instrumentacio no usual	70
6.1	Analitzador MFJ-269	70
6.2	ICOM PCR-1500 i PCR-1000	71
7	Programes utilitzats	73
7.1	FEKO	73
7.1.1	Com simular una QHA antena amb FEKO	74
7.1.2	Resultats d'una simulacio amb POSTFEKO	76
7.2	Orbitron	78
7.3	APTDdecoder	79
7.3.1	Com configurar l'APTDdecoder	80
7.3.2	Algunes opcions de processat d'imatge de l'APTDdecoder	80
7.4	EMANIM	84
7.5	PASAN	85
7.5.1	Com adaptar una impedancia amb PASAN	85
8	Propostes de continuïtat	87
9	Bibliografia	88

Capítol 1

Introduccio

Aquest primer capítol descriu breument que són els satèl·lits d'òrbita polar i la seva funció. L'objectiu és que el lector tingui una idea intuïtiva de com es mouen els satèl·lits d'òrbita polar a l'espai i com transmeten la informació, sense entrar en equacions complexes sobre òrbites ni transmissió del senyal.

Així hauria de ser capaç de respondre's algunes preguntes que li vagin sorgint durant la lectura del treball. Per què òrbita polar? què és exactament la imatge rebuda? i el soroll repetitiu que fa el receptor? per què una antena és tan rara i diferent a les de tv per satèl·lit? que indiquen les franges grises que hi ha al lateral de la imatge? etc...

En l'actualitat, any 2010, hi ha més de 10.000 satèl·lits artificials orbitant a diferents altures al voltant de la Terra. Els satèl·lits més pròxims es poden trobar a una distància de 600km sobre la superfície terrestre, mentre que els satèl·lits més llunyans es troben a una distància de més de 35.000km de la Terra. Per tenir una referència, dir que la Lluna es troba a 384.000km de la Terra.

La distància a la que està orbitant un satèl·lit és una característica bàsica per a la funció que ha de desenvolupar. Els satèl·lits que orbiten a poca distància de la Terra recorren la seva òrbita varies vegades al llarg del dia i a mesura que augmenta la distància a la que orbita el satèl·lit de la Terra, disminueix el nombre d'òrbites que el satèl·lit recorre en un dia.

D'aquesta manera si es vol que un satèl·lit reculli informació de la Terra, una òrbita baixa és una bona elecció, ja que al estar aprop de la terra pot recollir dades amb més precisió. A més al llarg del dia recorrerà la Terra varies vegades, pel que podrà agafar informació de la totalitat de la superfície terrestre. Es consideren òrbites baixes les òrbites situades a menys de 2.000km de la Terra.

El cas oposat són els satèl·lits geoestacionaris que donen una volta a la Terra cada dia o el que és el mateix, es mouen mab la terra. D'aquesta manera l'estació receptora sempre es pot comunicar amb el satèl·lit, fixant l'antena en la direcció que està situat el satèl·lit en el cel. Com aquest satèl·lit roten amb el planeta sempre veurà la mateixa cara de la Terra. L'exemple més conegut de satèl·lits geoestacionaris són els de tv per satèl·lit.

Les funcions que desenvolupen els satèl·lits són molt variades, són usats en tasques científiques, de navegació, meteorològiques, de comunicacions, militars, etc... Per a comprendre aquest treball, interessa

conèixer els satèl·lits meteorològics, més concretament els satèl·lits meteorològics d'òrbita polar. La funció principal dels satèl·lits meteorològics és supervisar el clima de la terra. A més, gràcies a la informació recollida, també es poden controlar incendis, corrents oceàniques, tempestes de sorra, contaminació, etc...



Figura 1.1: El satellit NOAA-17, orbitant a 810km sobre la Terra, el radi mig de la Terra es d'uns 6370km.

1.1 L'òrbita polar

Dins les òrbites baixes es troben les òrbites polars. Aquestes se situen en un pla perpendicular a l'equador, de manera que cada cop que el satèl·lit recorre la seva òrbita passa pels dos pols, el Nord i el Sud.

La gràcia està en que el satèl·lit aprofita la rotació de la Terra per escombrar zones diferents en les successives òrbites que recorre. Si es manté fixa la Terra i es dibuixen les òrbites polars, es veu com cada òrbita està desplaçada respecte l'anterior.

Les òrbites polars tenen una durada aproximada de 100 minuts, això vol dir que en un dia el satèl·lit donarà unes 14 voltes a la terra.

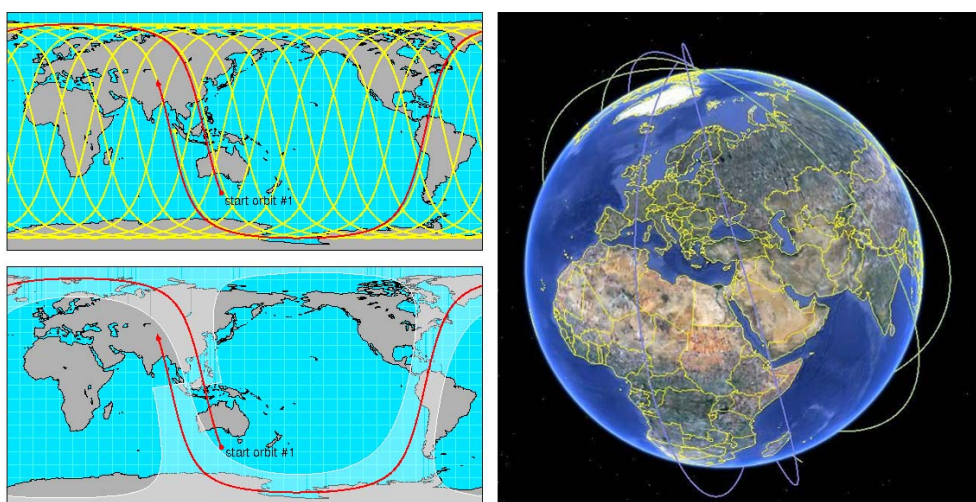


Figura 1.2: Dibuix de les òrbites polars sobre la Terra

Com es veurà més endavant, entre els satèl·lits d'òrbita polar es troben alguns satèl·lits meteorològics de la NOAA.

Degut a que els satèl·lits d'òrbita polar donen voltes contínuament al voltant del planeta no sempre hi haurà un satèl·lit visible entre els horitzons. Llavors, com es rep la senyal?

Quan els satèl·lits polars envien la informació cap a la Terra, no ho fan apuntant en un lloc concret, l'envien de manera que cobreixi la major superfície possible de la Terra. Com la Terra és esfèrica, sol es podrà rebre la senyal a les zones que tinguin visió del satèl·lit.

El limit de cobertura del satèl·lit serà quan l'observador es trobi en una línia tangent a la superfície de la Terra i que passi pel satèl·lit, o el que és el mateix, quan el satèl·lit surt per un horitzó o s'amaga per l'altre. Aquest és un dels motius pels que l'antena té una forma tan rara, l'antena ha de ser vàlida tant quan el satèl·lit està sobre l'estació receptora, com quan està allunyat vora els horitzons.

Durant quan de temps es rep la senyal del satèl·lit i quina àrea cobreix? Es pot calcular fàcilment agafant 6370km com a radi mig de la Terra i 800km com a altura de l'òrbita del satèl·lit.

La manera més senzilla de calcular-ho és usant el teorema del sinus, ja que es pot dibuixar un triangle

entre el satèl·lit, el centre de la Terra i el punt més allunyat que té visió del satèl·lit. D'aquest triangle és coneix la distància entre el centre de la Terra i el satèl·lit (6370+800km), la distància entre el centre de la Terra i el límit de visió (6370km) i l'angle recte que hi ha en el vèrtex oposat al costat entre el centre de la Terra i el satèl·lit.

Fet alguns càlculs, $\frac{6370+800}{\sin(90)} = \frac{6370}{\sin(\alpha)} \rightarrow \alpha = 62$

Això vol dir que en el millor dels casos serem capaços de veure el que tinguem a $\pm 28^\circ$ de la nostra posició a la Terra. En el cas d'Espanya que es troba a latitud 40° , podem arribar a veure entre latitud de 12° (Cabo Verde) i 68° (Islas Feroe). Per desgràcia, les muntanyes del Nord de Barcelona no ens permeten veure fins tant amunt.

Si el satèl·lit dona una volta a la Terra cada 100 minuts, en el millor dels casos l'estació receptora rebrà la senyal durant uns 15 minuts, que és quan l'òrbita del satèl·lit passa just per sobre l'estació receptora.

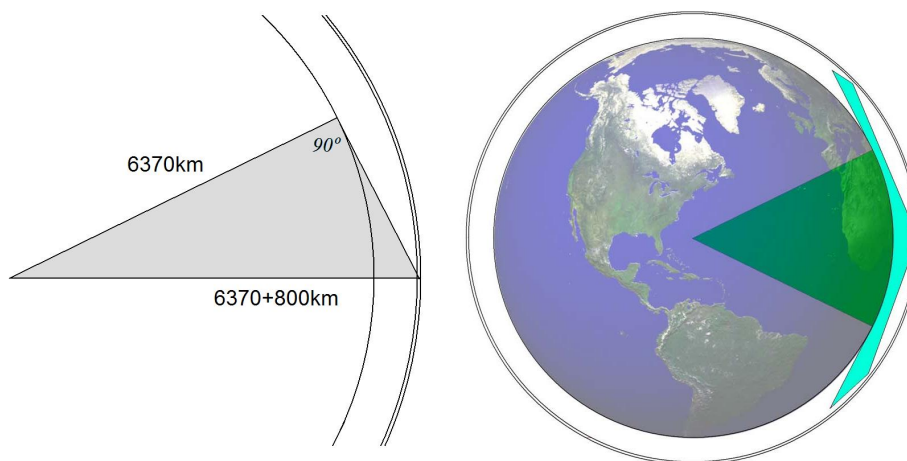


Figura 1.3: Triangle que es forma entre el centre de la Terra, el satèl·lit i el punt més allunyat de cobertura. A la dreta secció de la Terra sota la cobertura del satèl·lit.

Per tant, per saber quan s'ha de rebre la senyal, s'ha de conèixer tant l'òrbita que segueix el satèl·lit com la seva posició actual. D'aquesta manera es pot fer una estimació de quan passarà per sobre l'estació receptora i durant quant de temps es rebrà la senyal. D'això se n'encarreguen uns programes informàtics anomenats *trackers*.

Els *trackers* calculen i actualitzen la posició del satèl·lit en temps real a partir dels *Keplerians*. Els *Keplerians* són una sèrie de números on figura la ID del satèl·lit, la data de llançament, la informació necessària per calcular l'òrbita del satèl·lit (6 números anomenats elements orbitals) i la posició del satèl·lit dins la seva òrbita. A partir d'aquesta informació és capaç de calcular la posició del satèl·lit en qualsevol moment del temps usant les equacions de Kepler. Cal actualitzar els *Keplerians* via internet cada 3-4 setmanes per corregir desviacions en la òrbita.

En cas que l'antena satel·lital no sigui directiva i controlada per un motor, el *tracker* també s'encarrega del control del motor, per que aquest vagi apuntant el satèl·lit a mesura que passa pel cel.

NOAA 18 [+]

```
1 28654U 05018A 10140.51027021 -.00000175 00000-0 -71991-4 0 3465
2 28654 98.9491 86.8566 0015055 128.6553 231.5970 14.11355266257535
```

NOAA 19 [S]

```
1 33591U 09005A 10140.49224917 -.00000138 00000-0 -52737-4 0 5436
2 33591 98.7874 83.2037 0014524 12.2074 347.9446 14.11051615 66005
```

Taula 1.1: Aspecte dels keplerians dels satèl·lits NOAA 18 i 19

A la web <http://celestrak.com/NORAD/elements/noaa.txt> es troben tots els *Keplerians* dels NOAA. Són públics i qualsevol persona els pot consultar quan li convingui.

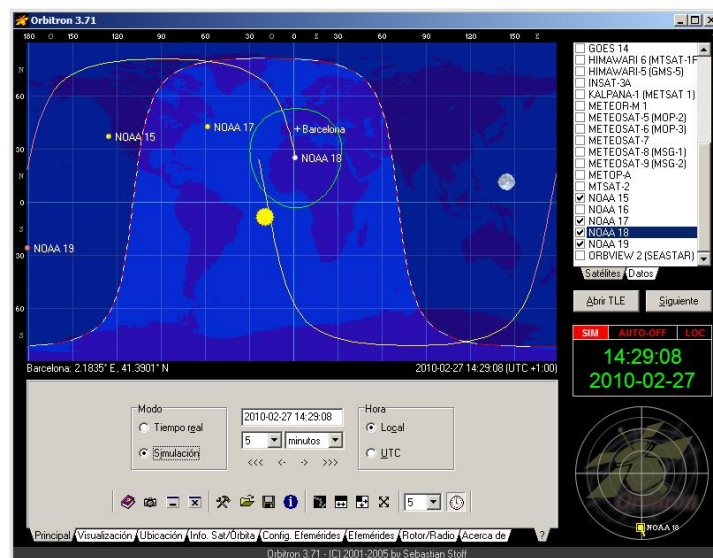


Figura 1.4: Imatge del *tracker* Orbitron

1.2 La NOAA i els seus satèl·lits

La NOAA¹ és una agència científica que depèn del departament de comerç dels Estats Units i controla l'estat dels oceans i l'atmosfera. També s'encarrega d'informar de la previsió del temps, vetllar pel bon ús dels recursos costers, preveure i informar sobre catàstrofes (inundacions, sequeres, ...) i estudiar el canvi climàtic entre d'altres.

Per a realitzar aquestes tasques la NOAA està formada per varis departaments. National Weather Service (NWS); National Ocean Service (NOS); National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS); National Marine Fisheries Service (NMFS) i Office of Oceanic and Atmospheric Research (OAR).

De tots aquests departaments, és la NESDIS la que s'encarrega, entre d'altres, dels programes satel·litals GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites) i POES (Polar Operational Environmental Satellites).

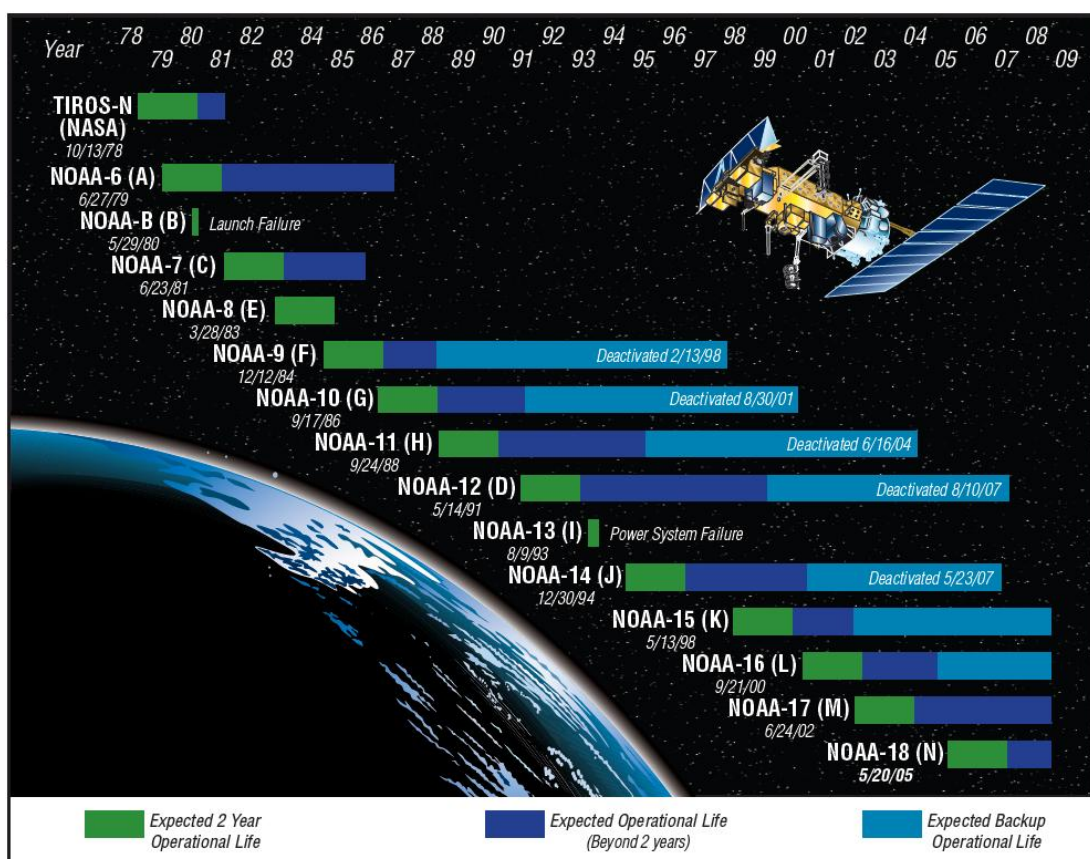


Figura 1.5: Historial de satèl·lits de la NOAA

Actualment hi ha 4 satèl·lits polars de la NOAA en funcionament, el NOAA -15, NOAA-17, NOAA-18

¹National Oceanic and Atmospheric Administration <http://www.noaa.gov/>

i el NOAA-19. Algunes de les característiques de cada satèl·lit estan resumides a la Taula 1.1. Un dels objectius d'aquest treball és rebre la informació enviada en format APT pels satèl·lits polars de la NOAA.

Satelit	NOAA 15	NOAA 17	NOAA 18	NOAA 19
Lletra	K	M	N	N-PRIME
Número de sèrie	25338	27453	28654	33591
Llançament	12/15/1998	06/24/2002	05/20/2005	02/06/2009
Posta en marxa	12/15/1998	10/15/2002	08/30/2005	06/02/2009
Altitud (km)	807	810	854	870
Període (min)	101.1	101.2	102.12	102.14
Freqüència APT (MHz)	137.5	137.620	137.9125	137.1

Taula 1.2: Característiques dels 4 satèl·lits actius d'òrbita polar de la NOAA

Tot i que els satèl·lits pertanyen als EE.UU. els NOAA envien la informació sense codificar, qualsevol que sigui capaç de rebre la senyal dels satèl·lits es capaç d'interpretar en temps real la informació que contenen i veure la imatge.

És per aquest motiu que hi ha un gran nombre d'estacions receptores repartides per arreu i un gran nombre pertanyen a radioaficionats. Amb un equip relativament barat pots rebre la informació meteorològica directament del satèl·lit.

1.3 El sistema AVHRR/3

L'AVHRR/3² és el sistema dels NOAA, radiòmetre, que s'encarrega d'aquirir les imatges de la superfície terrestre.

L'AVHRR/3 té sis canals i cada que recull la informació d'una banda de l'espectre diferent. Cada canal disposa del seu sensor específic, dissenyat per captar l'energia rebuda sol es el seu ample de banda. Els sensors van ser dissenyats per funcionar un mínim de 3 anys en òrbita.

Tres canals són dedicats a enregistrar la radiació provinent del sol i que es reflexa a la terra (visible i pròxim a l'infraroig) i els altres tres s'encarreguen de captar la radiació tèrmica provinent del terra, oceans, núvols i part de l'atmosfera.

Dels 6 canals dels que disposa l'AVHRR/3, sol se'n transmeten 5 a la terra, ja que els canals 3A i 3B no poden funcionar simultàneament.

Paràmetre	Ch. 1	Ch. 2	Ch. 3A	Ch. 3B	Ch. 4	Ch. 5
BW (μm)	0.58-0.68	0.725-1	1.58-1.64	3.55-3.93	10.3-11.3	11.5-12.5
Resolució (Km)	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
IOFV (miliradians)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

Taula 1.3: Canals de l'AVHRR/3

L'AVHRR/3 escaneja contínuament la superfície de la Terra mentre el satèl·lit recorre la seva òrbita. Fa l'escaneig punt per punt, tots els sensors de l'AVHRR escanegen el mateix punt alhora, seguint una línia perpendicular a la trajectòria del satèl·lit. Quan acaba d'escanejar l'últim punt d'una línia, segueix amb el primer punt de la línia següent. Aquest punt s'anomena IFOV³ i és el camp de vista del satèl·lit en un moment determinat. L'IFOV té una obertura de 1.3 miliradians.

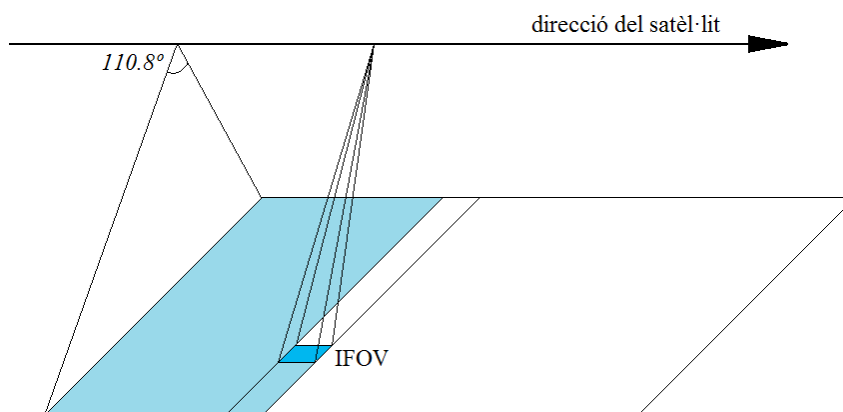


Figura 1.6: Esquema de com l'AVHRR/3 escaneja la superfície de la Terra.

² Advanced Very High Resolution Radiometer <http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm/html/c3/sec3-1.htm>

³ Instantaneous field of view

El camp de vista total que s'escaneja el satèl·lit, que no l'instantani, és de 110.8 graus i l'AVHRR/3 agafa una mostra cada 0.95 miliradians. Això dona $1.36 \left(\frac{1.3 \text{ mrad}}{0.95 \text{ mrad}} \right)$ mostres per IFOV (sí, les mostres es superposen una mica) i un total de 2048 mostres en cada línia que escanejada.

El sistema que usa l'AVRR/3 per escanejar les línies consta d'un sensor i un mirall. El sensor capta el que li reflexa el mirall, que està rotant sobre un eix paral·lel a la trajectòria del satèl·lit. Per cada volta que dona el mirall al sensor s'hi reflexa una línia de la Terra perpendicular a la trajectòria del satèl·lit. La velocitat de rotació del motor es variable i s'ajusta per que la pròxima línia a escanejar sigui adjacent a l'última línia escanejada.

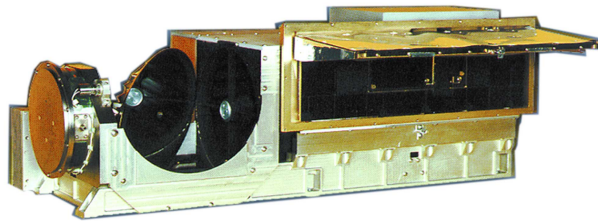


Figura 1.7: Fotografia del sensor AVHRR/3.

El processador del satèl·lit (MIRP) digitalitza la informació, mostrejant a 39,936 mostres per segon i per canal. La converteix en words de 10 bits i els transmet en paral·lel cap als sistemes APT⁴, GAC⁵, HRPT⁶ i LAC⁷.

Per aquest treball ens interessa conèixer el sistema APT.

⁴Automatic Picture Transmission <http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm/html/c4/sec4-2.htm>

⁵Global Area Coverage

⁶High Resolution Picture Transmission <http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm/html/c4/sec4-1.htm>

⁷Local Area Cover

1.4 El sistema APT

L'APT (Automatic Picture Transmission) és un sistema per a la transmissió en baixa resolució de les dades que obté el AVHRR/3 (Advanced Very High Resolution Radiometer).

Dels 6 canals de que disposa el satèl·lit, sol 2 es transmeten en aquest format, que s'anomenen canal A i canal B. Des l'estació de control del satèl·lit s'escull quins 2 canals de l'AVHRR/3 transmetra el sistema APT. Habitualment es transmet el canal visible i un canal infraroig (IR) durant el dia, durant la nit a vegades es canvia el canal visible per un segon canal infraroig.

El sistema que s'usa per a reduir la resolució de les imatges és transmetre sol una de cada tres línies que escaneja el satèl·lit. Transmet la primera línia del canal seleccionat com a canal A, transmet la segona línia del canal B i descarta la tercera línia dels 2 canals.

Això vol dir que transmet una de cada 3 línies de cada canal, però la línia transmesa pel canal A no és la mateixa que la línia transmesa pel canal B. Transmetent una línia de cada tres es redueix la resolució a 4km per punt. També es redueix la quantitat de punts que es transmet per línia per de mantenir la proporció de 4km x 4km per cada punt.

El satèl·lit transmet contínuament en format APT i la senyal pot ser rebuda en temps real per qualsevol estació que estigui sota la cobertura del satèl·lit. En aquest treball s'analitzaran les antenes, especialment la QHA, que s'usen per a rebre aquest tipus de senyal.

Velocitat de línia	120 línies/minut
Canals de dades	Es transmeten 2 de 6 possibles
Resolució	4Km
Modulació de la portadora	Suportadora de 2.4KHz en AM sobre una portadora FM
Freqüència de transmissió	De 137.1 a 137.9215 MHz
Potència del transmissor	5W (37dBm)
Potència radiada	37.6 dBm a 63°
Pol·larització	Circular a dretes

Taula 1.4: Característiques de transmissió APT

La informació provinent del AVHRR/3 es processada per MIRP, processador del satèl·lit, que li dona el format APT i hi insereix les calibracions i dades de telemetria necessàries. Després insereix aquesta informació en els 8 bits de més pes ⁸d'una paraula de 10 bits, de manera que de cada paraula de 10 bits es reconstruirà un punt. Com a últim la informació passa de digital a analògic i s'usa per modular una portadora de 2.4kHz en AM.

L'amplitud d'aquesta senyal AM indica el color de cada punt, o el que és el mateix, la intensitat d'energia rebuda pel sensor del seu canal. Es correspon la màxima amplitud de la senyal AM al color blanc, la mínima al color negre i la resta d'amplituds als diferents tons de gris que apareixen durant la línia. Com que la senyal de 2.4khz és audible, es pot editar amb un software d'edició d'àudio per veure totes aquestes coses, això es farà més endavant.

⁸Most significant bit MSB

Posteriorment la subportadora AM es modula en FM a la freqüència de transmissió, de 137 a 138 MHz aproximadament.

Des del satèl·lit es transmeten 120 línies cada minut, una línia cada 0.5 segons. Cada línia conté la informació d'una línia dels dos canals que es transmeten en format APT, així com sincronismes i altres senyals útils per a la descodificació de la imatge. La unió de totes les línies forma la imatge.

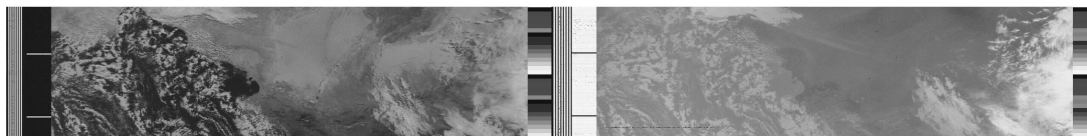


Figura 1.8: imatge formada per 256 línies APT. El canal A es el de l'esquerra i el B el de la dreta.

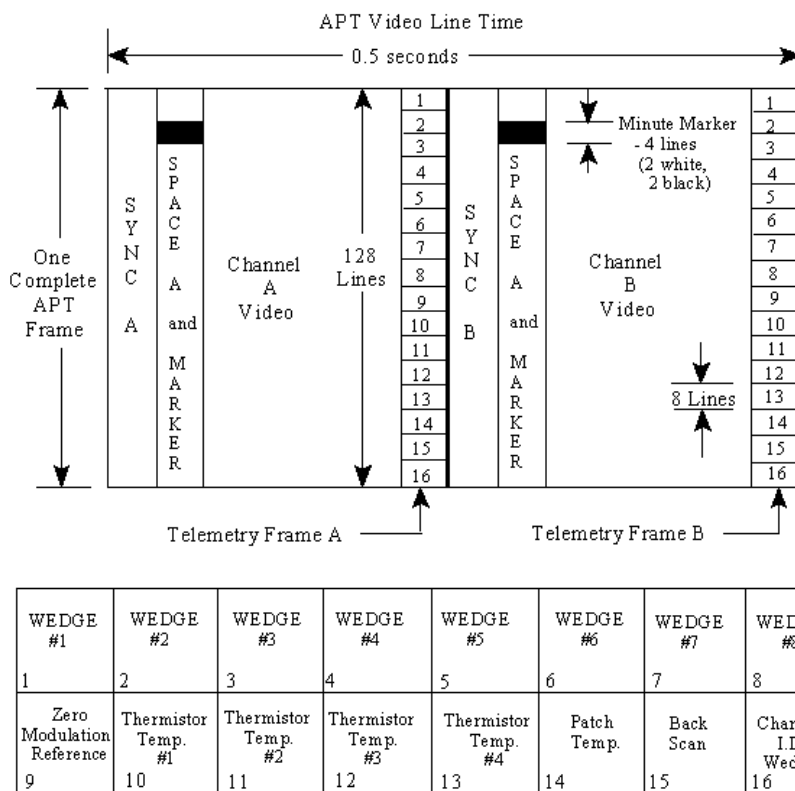


Figura 1.9: Format d'una trama APT

Al principi de la línia es troba la senyal de sincronisme del canal A, formada per 7 polsos de 1040 Hz i indicadors de minut. Després es troba la senyal de vídeo del canal A, seguida per una barra que indica les dades de transmissió del canal A.

Tot seguit hi ha 7 polsos de 832 Hz que formen el sincronisme del canal B, la senyalització dels minuts,

la senyal de vídeo del canal B i les dades telemètriques del canal B.

El primer que indiquen les dades telemètriques que es transmeten amb cada canal són els nivells de modulació, amplitud, que formen l'escala de grisos amb que es dibuixa la imatge. En total hi ha 7 grisos diferents, el blanc i el negre, pel que aquesta informació ocupa les primeres 9 franges de la columna. Seguit hi ha varies informacions de temperatura i finalment l'identificador de canal. Aquest indica quin canal s'està transmetent.

Cada una de les informacions telemètriques es repeteix durant 8 línies consecutives. En cada trama, 128 línies, es torna a enviar tota la informació de nou.

Cada línia APT es transmet en 0.5 segons i la formen 2080 words de 10 bits cada una, 1040 words per canal. En aquest tema, els canals A i B, tenen la mateixa composició.

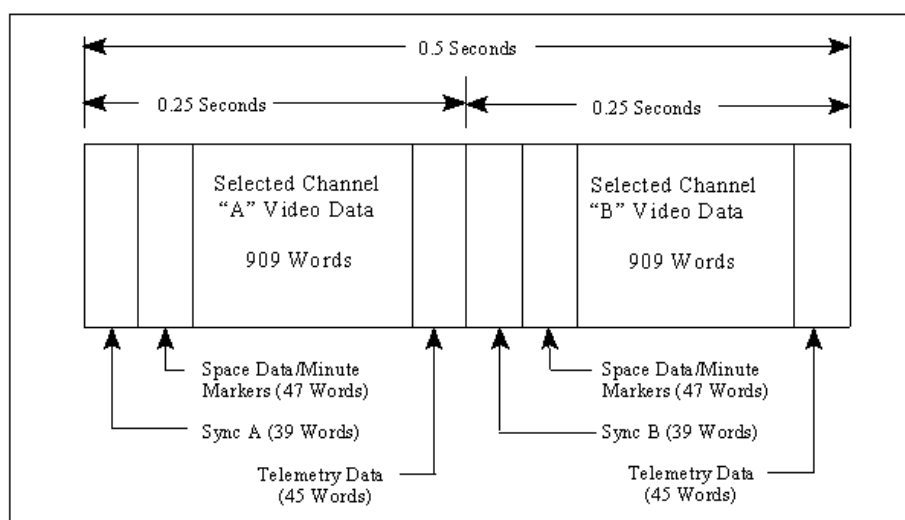


Figura 1.10: Cada línia APT està formada per varies paraules de 10 bits.

El sincronisme ocupa les primeres 39 words de cada línia, segueix el marcador de minut que ocupa 17 words. Després 909 words formen la imatge del canal A o B i al final van les dades telemètriques, que ocupen 45 words. Cada word és de 10 bits i la informació la contenen 8 bits (MSB).

Una altra modificació que es fa a les dades abans d'enviar-les en format APT és corregir la curvatura de la Terra. Si es mira una imatge APT, es pot veure que la imatge es plana, mentre que la superfície escanejada no ho és.

Per a fer-ho divideix l'espai en 4 zones, segons l'angle respecte el nadir, part inferior del satèl·lit. Segueix un algorisme diferent per tractar la informació de cada zona.

- **Zona 1 0°-16.98°:** Cada punt que s'envia és la mitja de 4 punts seguits de la línia original escanejada. D'un total de 628 mostres provinents de l'AVHRR s'enviaran 157 words APT.

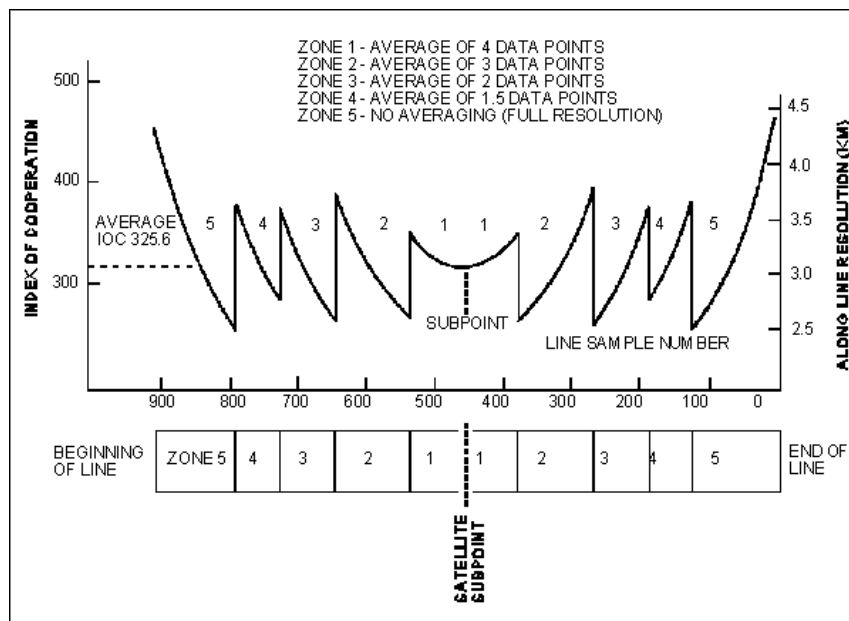


Figura 1.11: Esquema de com l'APT corregeix la curvatura de la Terra.

- **Zona 2 16.98°-34.83°:** En aquesta zona per formar un punt es fa la mitja entre tres mostres seguides de la trama original i es descarta la quarta. De 330 mostres originals es formen 110 words APT de 10 bits.
- **Zona 3 34.83°-43.83°:** Es fa la mitja entre 2 punts consecutius. De 166 mostres es fan 83 words APT.
- **Zona 4 43.83°-48.84°:** Cada punt és la mitja de 1.5 mostres. Amb les 93 mostres d'aquesta zona es creen 62 paquets APT.
- **Zona 5 48.84°-55.4°:** Es conserva la resolució original, s'envien tots els punts. De les 121 mostres originals de l'AVHRR s'envien 121 paquets APT, un per cada mostra.

1.5 L'estació receptora

L'estació que es necessita per rebre la senyal dels satèl·lits meteorològics d'òrbita polar es bastant senzilla i econòmicament assequible.

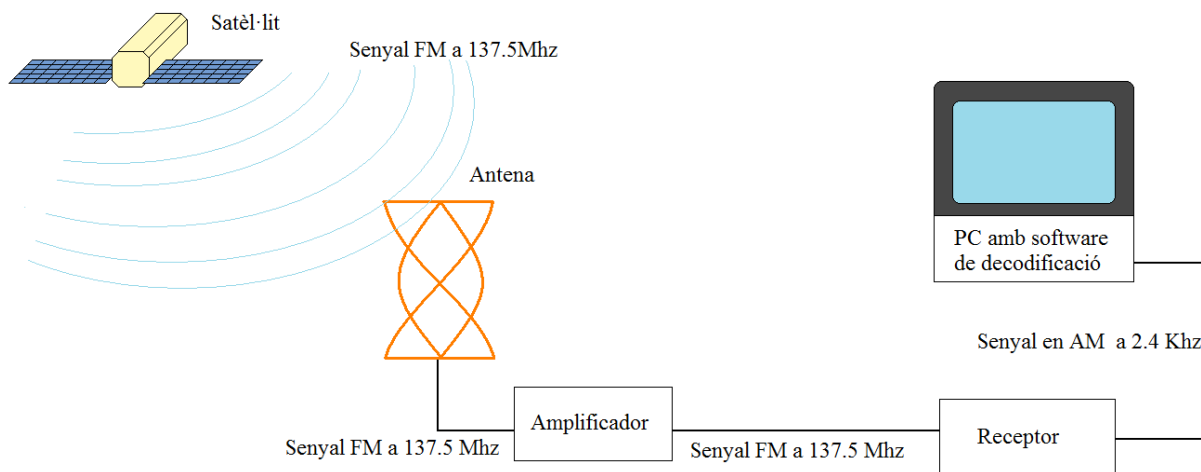


Figura 1.12: Esquema de l'estació receptora.

El primer element que es troba la senyal radiada pel satèl·lit és l'antena. Tot i que hi han molts tipus d'antenes, solament uns models específics poden fer aquesta funció. Hi ha bàsicament dos grups, antenes directives i antenes omnidireccionals.

Les antenes directives miren tota l'estona al satèl·lit i tenen un guany molt elevat. Un motor o rotor s'encarrega de variar la posició de l'antena a mesura que el satèl·lit recorre la seva òrbita. El problema d'aquest tipus d'antenes és que augmenten bastant el cost econòmic de l'estació i la seva complexitat, mentre que amb antenes més senzilles també s'obtenen bons resultats.

L'altre tipus d'antenes són antenes omnidireccionals. Aquestes tenen un guany moderat, però el guany es casi constant en tot l'espai, així l'antena resta fixa tot el temps mentre el satèl·lit passa pel cel. En el següents dos capítols es tractaran aquest tipus d'antenes amb tot detall.

L'antena està connectada, mitjançant cable coaxial, a un amplificador. Aquest s'encarrega de compensar les pèrdues que introdueix el cable que duu la senyal des de l'antena fins al receptor.

L'amplificador s'alimenta amb una tensió contínua que li arriba pel mateix cable coaxial que baixa la senyal fins al receptor. Sovint aquesta contínua la subministra el mateix receptor, si no és el cas s'hi ha de posar un adaptador.

En una estació on el receptor estigui pròxim a l'antena, per tant hi ha poques pèrdues degut al coaxial, es pot prescindir de l'amplificador.

El següent bloc és el receptor. Fins aquí la senyal estava modulada en FM a la freqüència de 137.5Mhz, el receptor la desmodula deixant a la sortida una senyal de 2.4Khz modulada en AM.

El receptor pot ser tant un receptor de banda estreta, dissenyat específicament per a dur a terme aquesta funció, o pot ser un receptor de banda ampla controlat per PC. En aquest treball s'ha usat els dos tipus de

receptors.

Passat el receptor, la senyal entra al PC a través de la tarja de so. Com la senyal és de 2.4Khz i està dins el rang de freqüències audibles (de 20hz a 20Khz), es pot processar i descodificar amb la tarja de so. descodificar senyals amb la tageta de so del PC és una pràctica molt habitual en sistemes radio. Bàsicament s'usa el seu conversor A/D per mostrejar la senyal i passar-la a digital. No es cuasualitat que moltes senyals es trobin dins el rang freqüencial en que treballa la tarja de so.

Finalment un programa de descodificació, en aquest treball s'ha usat l'APTDecoder, agafa el control de la tarja de so i mostra per la pantalla, en temps real, la imatge que envia el satèl·lit.

Capítol 2

Estudi d'antenes amb polarització circular

En aquest capítol s'explicaran els conceptes necessaris d'ones electromagnètiques per seguir el treball i es farà una breu descripció de les antenes més usades en la recepció de satèl·lits d'òrbita polar.

Una ona electromagnètica està formada per dos camps, el camp elèctric i el camp magnètic. Aquests dos camps són perpendiculars entre ells i alhora perpendiculars amb la direcció de propagació de la ona.

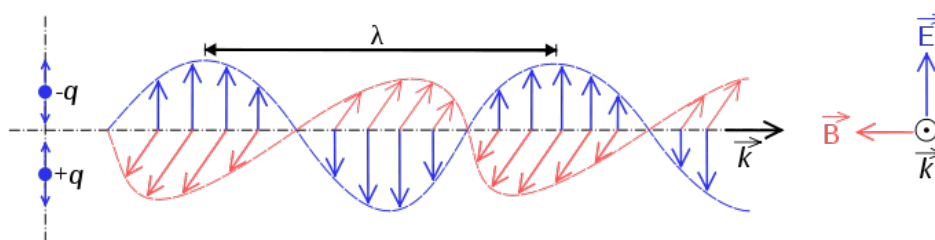


Figura 2.1: Ona electromagnètica que es propaga cap a la dreta. El camp elèctric està representat en color blau i el camp magnètic en color roig.

El camp magnètic i el camp elèctric són proporcionals i se'n pot obtenir un a partir de l'altre, pel que a partir d'ara sol es tindrà en compte el camp elèctric.

A la vegada, el camp elèctric es pot separar en dues components vectorials perpendiculars a la direcció de propagació. La suma d'aquestes dues components descriu l'evolució del camp elèctric en el temps.

Si les dues components estan en fase, creixen i decreixen a la vegada, la forma geomètrica de la suma de les components serà una línia i es diu que el camp elèctric està polaritzat linealment o té polarització lineal. Dins la polarització lineal es defineix polarització vertical o horitzontal depenent de quin eix estigui contingut en el pla del camp elèctric.

Si hi ha un desfasament entre les components del camp elèctric, la figura resultant de la suma és una elipse i es diu que la polarització és elíptica.

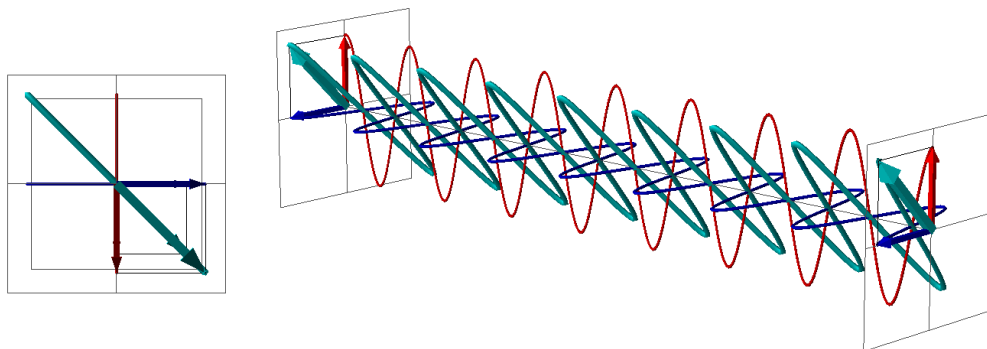


Figura 2.2: Vista frontal i en perspectiva d'una ona polaritzada linealment. El camp elèctric està representat en turquesa i les seves components en roig i blau. Simulació feta amb EMANIM.

Un cas particular de la polarització el·líptica és quan la diferència de fase entre les dues components és exactament $\pm 90^\circ$ o $\pm \lambda/4$. Llavors la figura resultant és una circumferència i la polarització rep el nom de polarització circular. Es diu que la polarització és circular a dretes si el camp elèctric es mou en el sentit de les agulles del rellotge i circular a esquerres si el camp elèctric es mou en sentit antihorari.

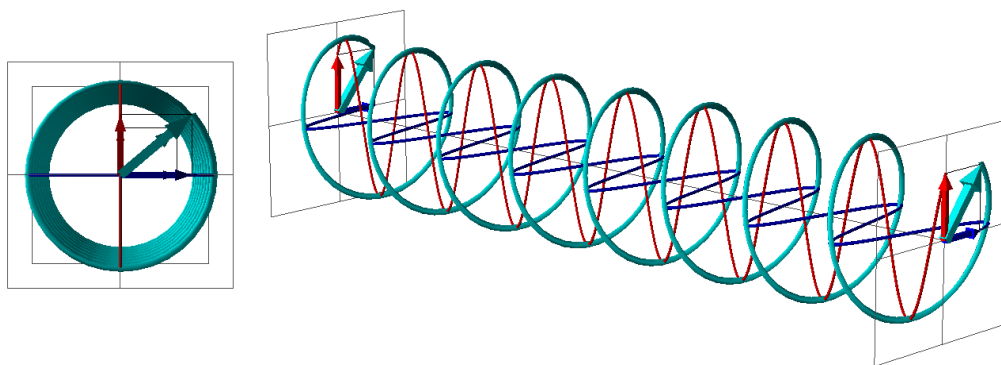


Figura 2.3: Vista frontal i en perspectiva d'una ona amb polarització circular a dretes. El camp elèctric està representat en turquesa i les seves components en roig i blau. Simulació feta amb EMANIM.

La majoria dels satèl·lits, entre ells els NOAA, transmeten la senyal en polarització circular, això es degut a varis motius. Els satèl·lits transmeten la seva senyal en moviment i també estan rotant sobre si mateixos o com a mínim hi han petites oscil·lacions, pel que és impossible mantenir una polarització lineal pel camp elèctric que alhora estigui alineada amb l'antena de l'estació base. Així, la única solució que queda és la polarització circular, ja que no dona preferència a cap eix.

Així, les antenes per a la recepció de satèl·lits hauran de tenir polarització circular.

2.1 Turnstile o dipol creuat

Aquesta és la més senzilla de totes les antenes satel·litals. Esta composta per dos dipols creuats i desfasats 90° per tal d'aconseguir la polarització circular. La solució més utilitzada per obtenir aquest desfasament és introduir, entre els dos dipols, una línia que retardi la senyal $\frac{\lambda}{4}$. Segons es reatrdi un o l'altre dipol, la polarització serà a dretes o a esquerres.

El principal problema d'aquesta antena, és que sol obté una polarització totalment circular en el zenit, tornant-se horitzontal cap als horitzons. Això és fàcil de veure intuïtivament, ja que si es mira l'antena des del pla que conté els dipols, sol és veu un dipol horitzontal.

Sovint s'afegeixen modificacions sobre aquesta antena, com poden ser dipols creuats que actuïn com a elements passius o situar-la sobre un pla conductor.

Un bon exemple n'és l'antena WSP-137¹ o TA-1 Turnstile, ja que les dos incorporen varies modificacions sobre la turnstile bàsica.

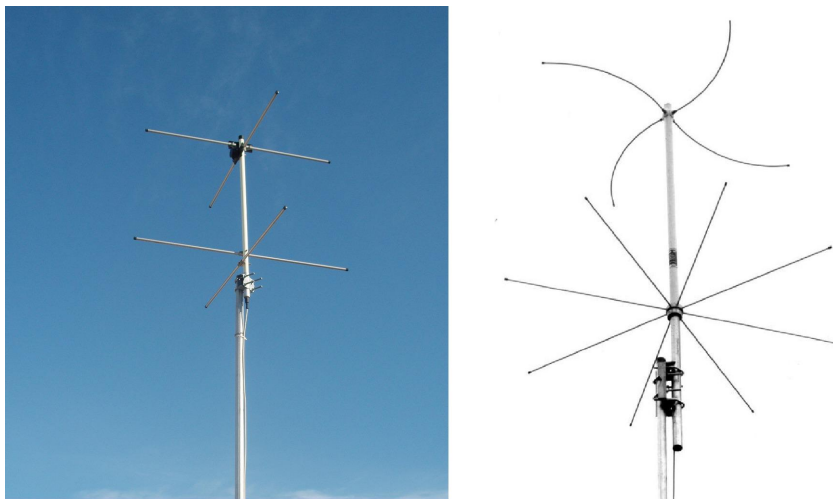


Figura 2.4: A l'esquerra una antena turnstile amb un pla conductor i a la dreta la WSP-137. Imatges obtingudes d'internet.

2.1.1 Comportament simulat de la turnstile

S'han fet tres simulacions de l'antena turnstile, amb els següents paràmetres:

- Dos dipols creuats de longitud $\lambda/4$.
- Dos fonts de tensió d'igual valor i desfasades 90° situades en el centre dels dipols.

¹WSP-137 Weather Satellite Antenna by RF Systems

- La freqüència de la simulació ha estat el rang de 135MHz a 140MHz.
- S'ha discretitzat l'antena en segments de 0,18m.
- S'ha calculat el valor del camp llunya cada 10° en ϕ i θ .
- En la segona simulació s'ha incorporat un pla conductor $\lambda/8$ sota els dipols.
- En la tercera simulació aquest pla s'ha desplaçat a $3\lambda/8$ sota els dipols

Els resultats de la primera simulació, una turnstile sense pla conductor, mostren una antena bastant omni-direccional en tot el semiplà superior, sobretot entre els $\pm 60^\circ$ respecte el zenit. Tot i això el guany màxim que presenta aquesta antena en RHC² és de 1.53dB.

En la segona simulació es veu una antena molt més directiva en la direcció del zenit, amb un guany màxim de 8.54dB, però ineficient aprop dels horitzons on dona pitjors resultats que la turnstile sense pla conductor.

La tercera simulació ha donat com a resultat una antena que es pot situar entre les dues anteriors. Amb un guany màxim de 3.4dB té un comportament molt uniforme en tot el semiplà superior, donant bons resultats entre els angles $\pm 75^\circ$ respecte l'eix vertical.

Les tres simulacions han donat uns resultats molt similars en tot el rang de freqüències de la simulació, de 135MHz a 140MHz, pel que es pot dir que una petita desviació en les dimensions de l'antena durant la seva construcció no afectarà molt el seu comportament.

Per altra banda, és molt important decidir on col·locar el pla conductor, ja que el resultat serà una antena totalment diferent. La distància més aconsellable és $3\lambda/4$ sota els dipols, que resulta en l'antena més equilibrada.

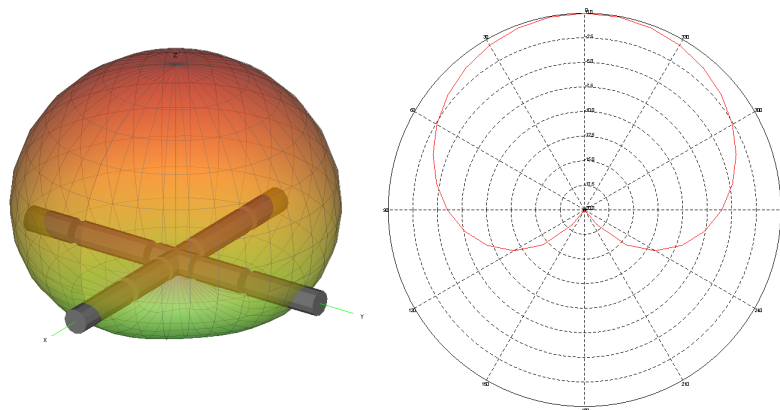


Figura 2.5: Diagrama normalitzat a 1.53dB

²Right-hand-circular o circular a dretes

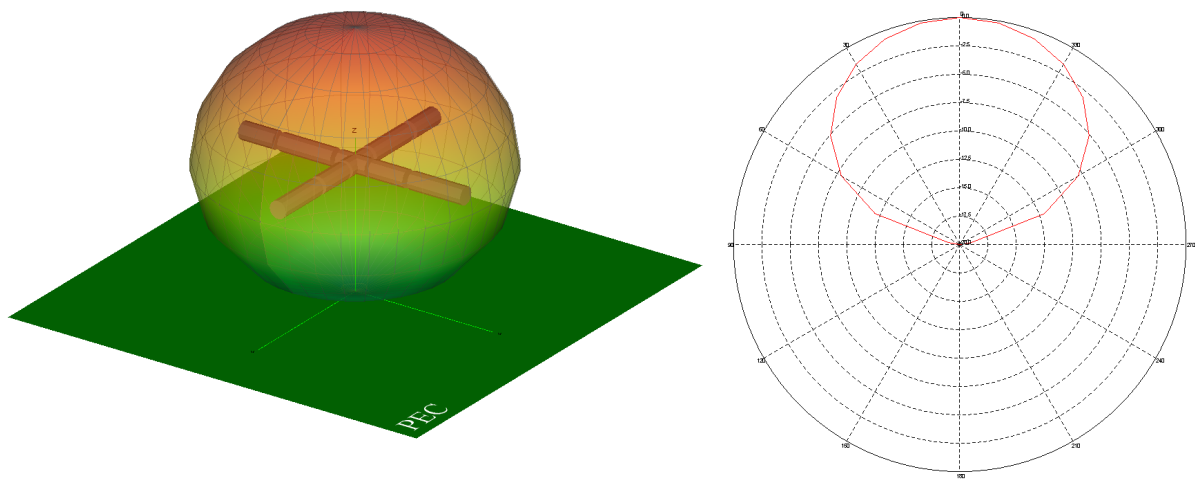


Figura 2.6: Simulacio amb FEKO d'una antena turnstile amb pla conductor

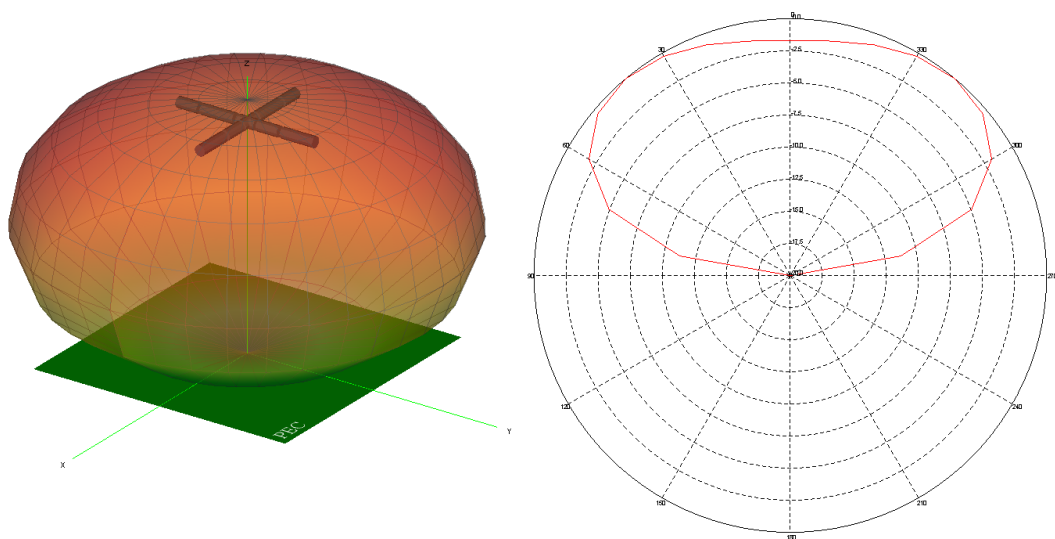


Figura 2.7: Turnstile a 3.4dB

2.1.2 Construcció d'una turnstile

Es va decidir construir una antena turnstile per al D4, per usar-la com a antena patró, ja que la turnstile és l'antena més senzilla i fàcil de construir de totes les antenes per a la recepció de satèl·lits polars. És per aquest motiu que, tot i no ser la millor en quant a prestacions, és una antena molt usada.

Els paràmetres que es van seguir per a la construcció de la turnstile van ser:

- Tot el material havia de ser fàcil d'aconseguir i barat.
- 4 dipòls de longitud $\lambda/4$ en forma de creu. Es van construir amb 4 cables RG-58³ de longitud 0.53m, usant la malla del cable com a element radiant. Per donar la forma a l'antena es van usar 4 tubs de PVC, situats en forma de creu sobre una base, fent passar un cable per l'interior de cada tub.
- Un retardador de $\lambda/4$ per aconseguir la polarització circular a dretes. Es va construir amb un cable RG-58 de longitud 0.36m situat entre la unió dels dipòls i el cable que va cap a l'amplificador. Es pot veure aquesta connexió amb detall a la figura 2.8, una mala connexió pot fer que l'antena resulti circular a esquerrers.
- Pla de massa situat a $3\lambda/8$ dels dipòls creuats. El pla de massa es va construir amb 4 elements radials, de longitud 1.2m, de filferro d'alumini de 2mm de diàmetre. Posteriorment es van soldar els 4 radials per a connectar-los elèctricament.
- Com a màntil es va usar un tub de PVC suficientment gruixut per suportar l'antena i no veure's afectat pel vent.

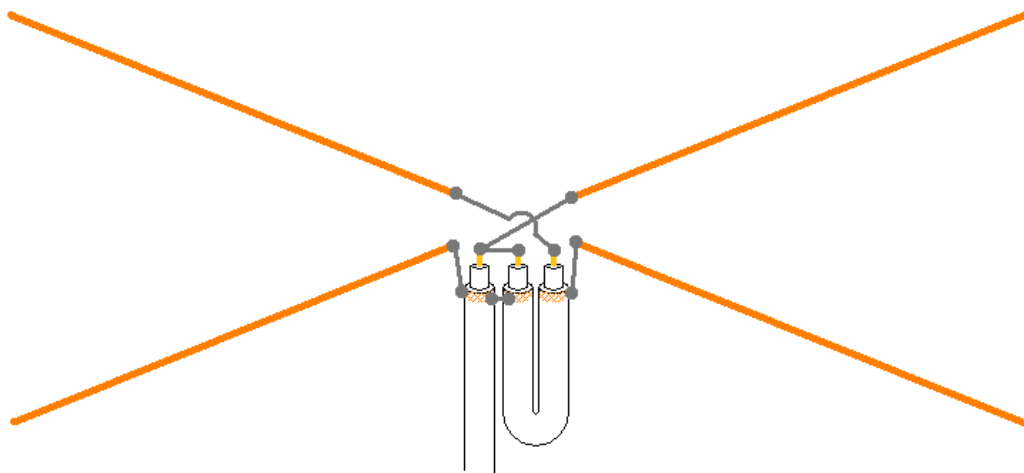


Figura 2.8: Detall de les soldadures entre els dipòls, el retardador i el cable de l'antena

³Cable coaxial molt usat en radio d'impedància 50Ω

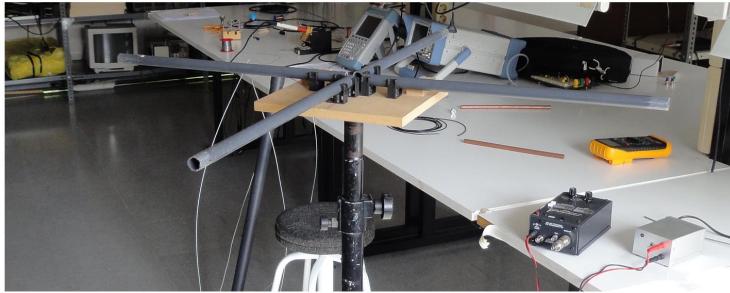


Figura 2.9: A la part superior, l'estructura sobre la que es va construir l'antena i detall dels radials. A la part inferior, l'antena i l'antena amb pla conductor.

2.2 Eggbeater

L'antena Eggbeater⁴ consisteix en dos espirals sobre un pla conductor i desfasades 90° entre elles. Desfaçar una o altra espira produirà una polarització RHC o LHC⁵. La manera més fàcil i utilitzada per obtenir aquest desfasament és usar una línia de $\lambda/4$

La longitud de cada espira és lleugerament superior a λ i s'ha de determinar empíricament a partir del material usat en la seva construcció. Aquest increment sol oscil·lar entre un 4% i un 10% sobre la longitud d'ona.



Figura 2.10: Antena eggbeater. Imatge d'internet.

⁴ON6WG/F5VIF 'EGGBEATER' ANTENA VHF/UHF

⁵Left-hand-circular o circular a esquerres

2.2.1 Comportament simulat de la eggbeater

S'ha simulat amb FEKO una antena eggbeater amb els següents parametres:

- Dos espires creuades de longitud total λ .
- Dos fonts de tensió d'igual valor i desfasades 90° situades en la part inferior de cada espira.
- Un pla conductor perfecte situat $\lambda/8$ per sota de les espires.
- La freqüència de la simulació ha estat el rang de 135MHz a 140MHz.
- S'ha discretitzat l'antena en segments de 0,18m.
- S'ha calculat el valor del camp llunya cada 10° en ϕ i θ .

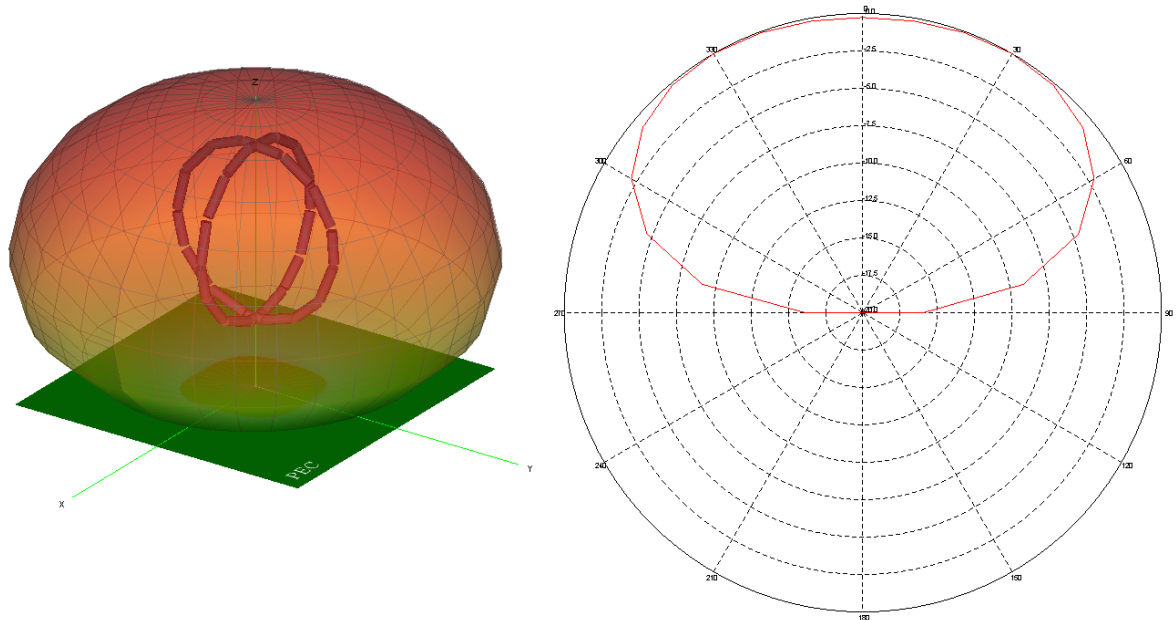


Figura 2.11: Diagrama normalitzat de la simulació amb FEKO d'una antena eggbeater. Presenta un guany màxim de 5.08dB.

2.3 Lindenblad

Antena⁶⁷ que va ser desenvolupada per Nils Lindenblad pels voltants de l'any 1940 com una antena per emissió de tv. Posteriorment es va adaptar el disseny per a la recepció de satèl·lits d'òrbita polar.

L'antena està formada per quatre dipols situats de manera equidistant sobre una circumferència de $\lambda/3$ de diàmetre i inclinats 30° sobre el pla horitzontal. Els quatre dipols s'han d'alimentar en fase i aquesta és la major complicació de l'antena, ja que els dipols estan bastant separats, $\lambda/3$. A més s'ha d'assegurar que no circuli corrent per l'exterior de la malla dels coaxials que alimentin els dipols o el diagrama de radiació es veurà molt afectat.

Una modificació que es veu sobint és usar dipols doblats en lloc de dipols normals.



Figura 2.12: Exemples d'antena lindenblad obtinguts d'internet.

2.3.1 Comportament simulat de la Lindenblad

Els paràmetres per a la simulació amb FEKO de l'antena Lindenblad han estat:

- Quatre dipols de longitud $\lambda/2$.
- Els dipols es situen sobre una circumferència imaginària de diàmetre $\lambda/3$.
- Els dipols estan inclinats 30° respecte el pla horitzontal.
- Els dipols estan alimentats en fase.
- La freqüència de la simulació ha estat el rang de 135MHz a 140MHz.

⁶Anthony Monteiro, AA2TX. *A Parasitic Lindenblad Antenna for 70cm*

⁷Anthony Monteiro, AA2TX. *An EZ-Lindenblad Antenna for 2 Meters*

- S'ha discretitzat l'antena en segments de 0,18m.
- S'ha calculat el valor del camp llunya cada 10° en ϕ i θ .

El diagrama de radiació resultant mostra una antena amb una bona resposta per a angles baixos, però amb un nul en la direcció de l'eix vertical. El guany màxim és de 1.1dB i es situa en el pla horitzontal.

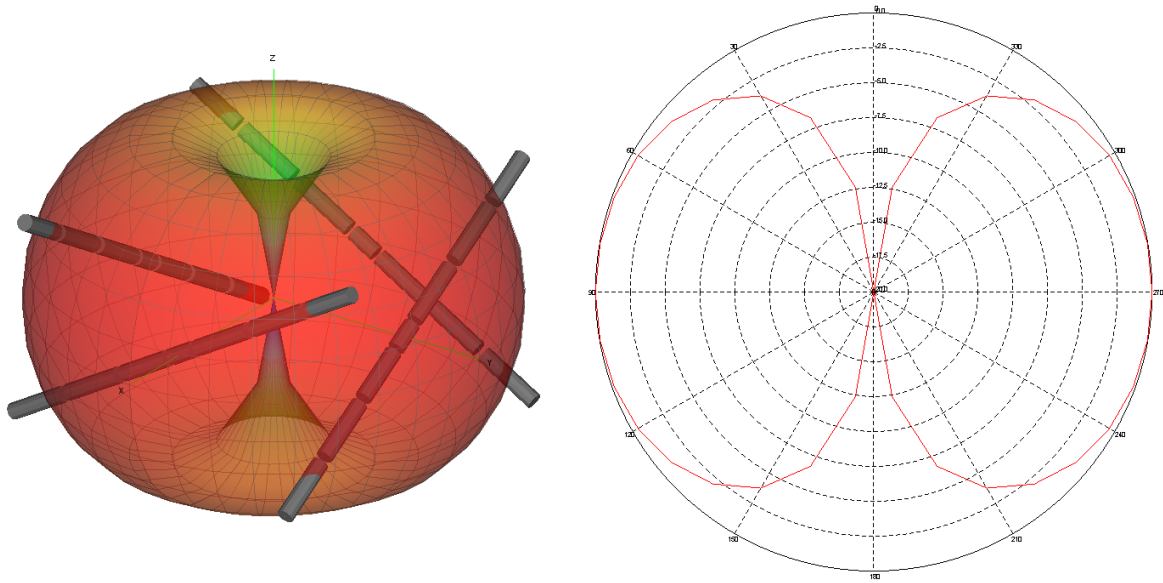


Figura 2.13: Resultats d'una simulació amb FEKO d'una antena lindenblad.

2.4 Double cross

La double cross⁸ és una antena que usa dos parells de dipols creuats per aconseguir una polarització circular a dretes en tot el semiespai superior.

Té una aparença similar a la lindenblad, ja que també es basa situar un parell de dipols creuats sobre cada eix del pla horitzontal, per la resta són antenes completament diferents.

Els dipols de la double cross estan inclinats 30° respecte l'eix vertical i cada parella està separada per una distància de $\lambda/4$.

En l'alimentació dels dipols hi ha un desfasament que s'incrementa $+90^\circ$ en cada dipol. Per aconseguir aquest desfasament en la construcció de l'antena s'usa una línia de longitud $\lambda/4$ en una parella de dipols.



Figura 2.14: Antena double cross. Imatge d'internet.

2.4.1 Comportament simulat de la doublecross

S'ha simulat amb FEKO una antena double cross amb els següents paràmetres:

- Quatre dipols de longitud $\lambda/2$.
- Els dipols estan inclinats 30° respecte l'eix vertical.
- Els dipols es situen sobre una circumferència imaginària de diàmetre $\lambda/4$.

⁸Gerald Martes, KD6JDJ. *Double Cross A NOAA Satellite Downlink Antenna*

- L'alimentació de cada dipol esta desfaçada 90° i -90° respecte els dipols veïns.
- La freqüència de la simulació ha estat el rang de 135MHz a 140MHz.
- S'ha discretitzat l'antena en segments de 0,18m.
- S'ha calculat el valor del camp llunya cada 10° en ϕ i θ .

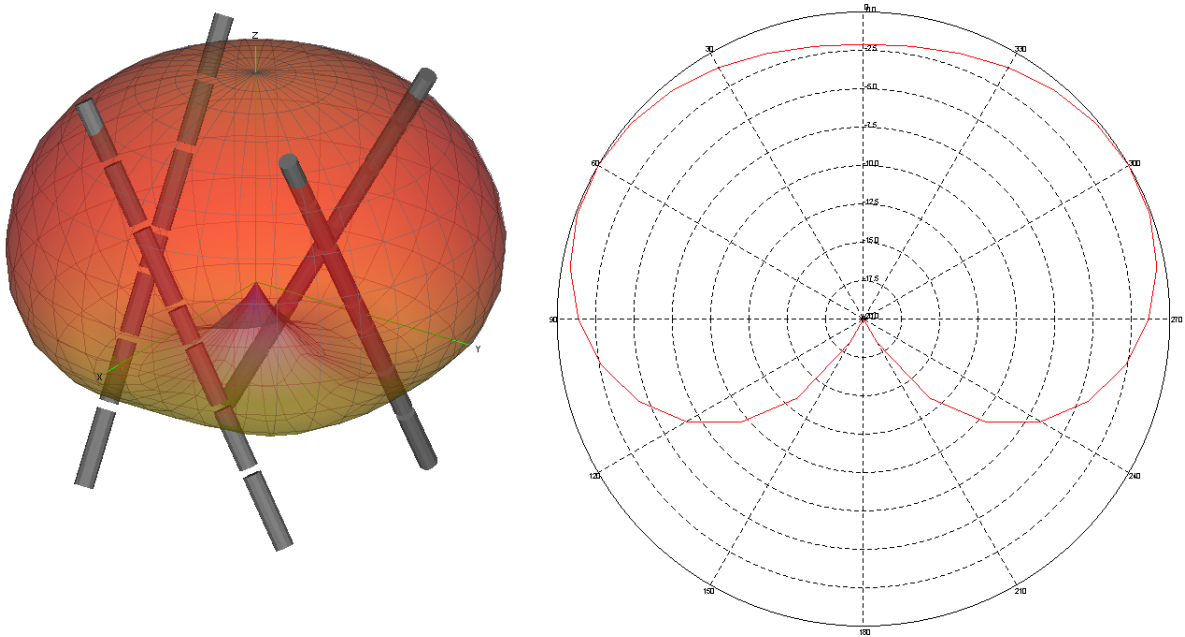


Figura 2.15: Resultats de simular amb FEKO una antena doublecross.

La simulació ha donat una antena amb un diagrama de radiació quasi uniforme en tot el semiplà superior. El seu guany màxim és de 1.96 dB, que manté quasi constant d'horitzó a horitzó. Es pot dir que és una antena amb un diagrama de radiació molt ben aconseguit i la més omnidireccional de totes les que s'han vist fins ara.

2.5 Resum i comparativa de les simulacions

En aquest apartat es mostra una composició dels diagrames de radiació de totes les antenes vistes fins ara. A diferència dels aparats anteriors, on els diagrames de radiació estaven normalitzats al màxim de cada antena, ara els diagrames de radiació s'han dibuixat sobre una gràfica que va des dels 10dB als -20dB, per poder veure millor les avantatges i inconvenients de cada antena.

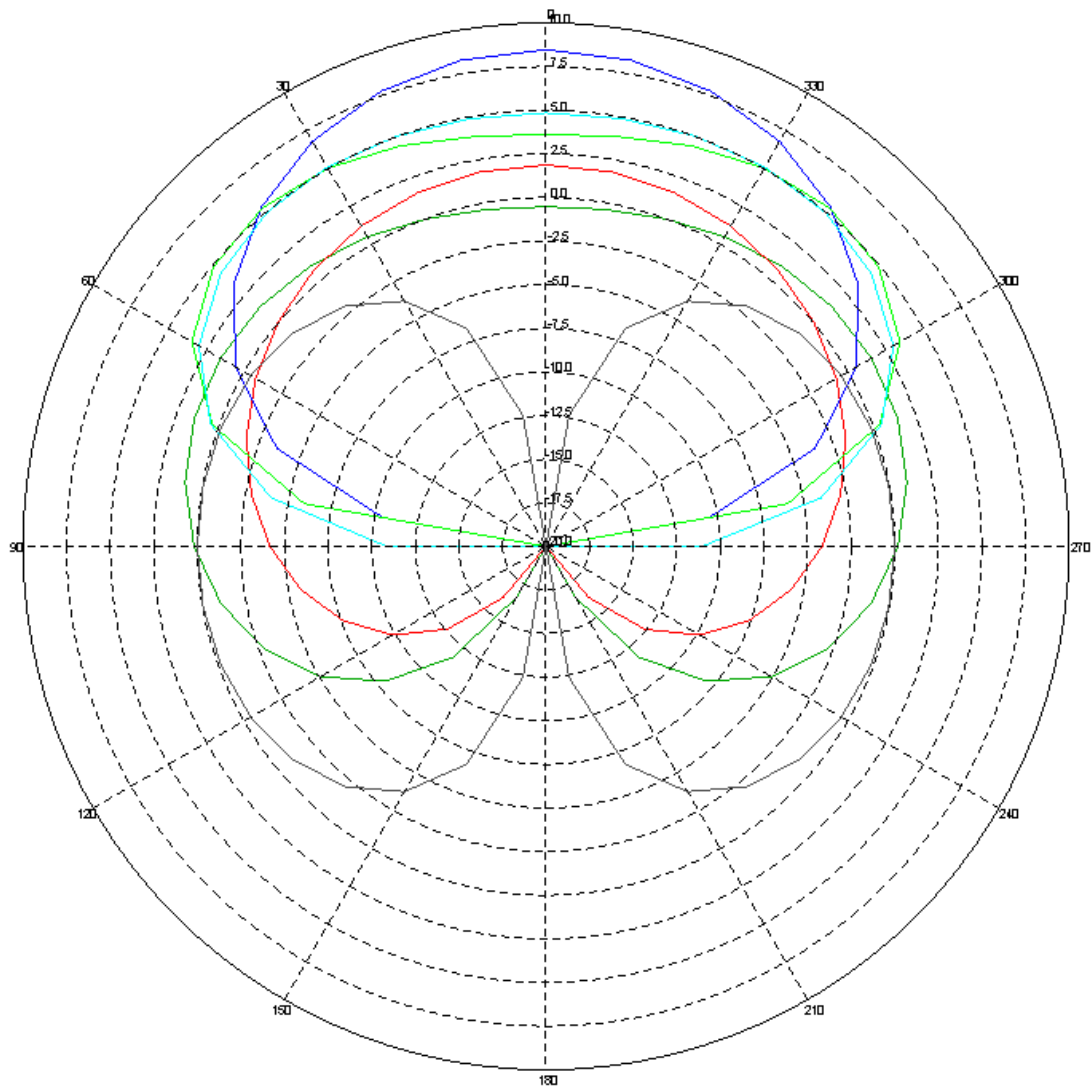


Figura 2.16: Composició de les simulacions anteriors

El diagrama de radiació dibuixat en color blau correspon a la turnstile situada $\lambda/8$ sobre un pla conductor. És la millor antena per angles pròxims al zenit de totes les que s'han vist, però la que rendeix pitjor en angles propers als horitzons.

Aquesta antena és una bona elecció en entorns molt sorollosos o entorns on hi hagi obstacles que impe-

deixin veure el satèl·lit quan aquest vola a baixa altura. A més és una antena barata i senzilla de construir.

El diagrama pintat en color turquesa correspon a la eggbeater i el de color verd a una turnstile $\lambda/8$ sobre un pla conductor. Els dos diagrames són quasi idèntics i presenten un bon guany a partir dels 15° respecte els horitzons, on hi ha un nul.

Són antenes polivalents, que poden funcionar bé tant en entorns sorollosos com una ciutat com en entorns rurals. Si he d'escollir entre una de les dues antenes hem decidiria per la turnstile, ja que és més fàcil de construir i la diferència entre el comportament de les dues és mínim.

La línia de color verd fosc correspon a la double cross. El seu comportament és el més uniforme de tots, té un guany acceptable en els horitzons, que es manté durant tota la trajectòria del satèl·lit.

Per a les òrbites baixes aquesta antena rep millor que les vistes anteriorment. Per a les òrbites altes té un guany inferior a la resta d'antenes, però suficient per rebre un bon nivell de senyal.

És una antena ideal per entorns rural i sense obstacles, per poder aprofitar les bones característiques de recepció que té en els horitzons.

El diagrama en roig és el de la turnstile sense pla conductor. Inferior a les altres turnstile per angles propers al zenit i inferior a la double cross per angles propers als horitzons.

El diagrama de color gris correspon a la Lindenblad, la millor per a òrbites baixes però molt dolenta (fins al punt de no rebre) per a òrbites altes.

És una antena que pot ser útil si no hi han obstacles en els horitzons i es combina amb una altra antena. Un muntatge que es veu a vegades és una antena Lindenblad a mig mànol i una altra antena a la part superior, canviant la connexió de l'antena segons l'elevació de la passada.

Capítol 3

La QHA

La QHA¹ va ser dissenyada per C.C. Kilgus² pels voltants de l'any 1930, basant-se en una antena dissenyada el 1947 per G.H. Brown i O.M. Woodward³. L'antena de Brown i Woodward consistia en una espira circular atravesada per un dipol i quan estava alimentada correctament aconseguia la polarització circular a dretes en tot l'espai.

Kilgus va veure que amb la combinació de dues espires quadrades torçades sobre un cilindre aconseguia el mateix efecte, però sol en el semiespai superior.

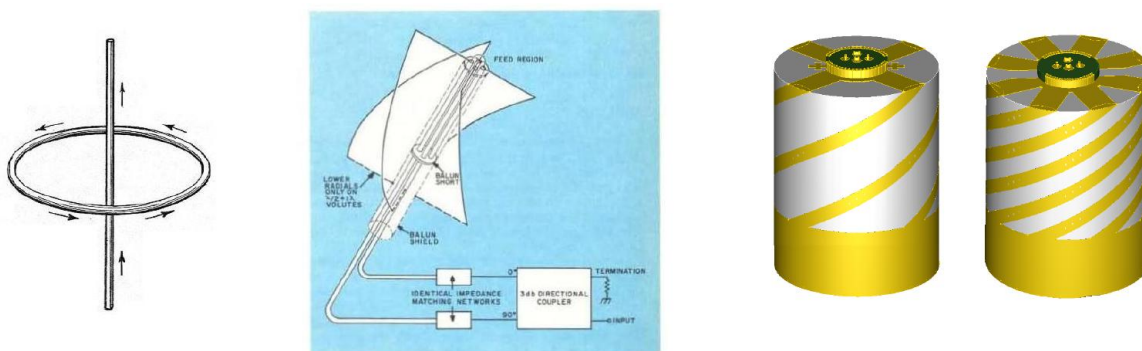


Figura 3.1: A l'esquerra l'antena dissenyada per Brown i Woodward. Al centre la primera QHA dissenyada per C.C. Kilgus. A la dreta l'evolució de la QHA, aplicada a la telefonia satelital.

Avui dia l'antena ha seguit evolucionant sobre el principi de les espires torçades dissenyat per C.C. Kilgus i s'aplica en moltes antenes satel·litals, com poden ser els telèfons satel·litals⁴ o els dispositius GPS.

A vegades també se l'anomena Resonant Quadrifilar Helix Antenna (RQHA), degut a que cada loop forma un circuit RLC ressonant a una freqüència determinada.

¹Quadrifilar Helix Antenna

²C. C. KILGUS *Resonant Quadrifilar Helix Design*

³George H. Brown i O.M. Woodward, Jr. *CIRCULARLY POLARIZED OMNIDIRECTIONAL ANTENNA*

⁴Dr Oliver Leisten. *Development of Breakthrough Technology for the Satellite Telephone Handset*

3.1 Model físic de la QHA

L'explicació de com funciona l'antena està dividida en dos parts. La primera, la QHA com una espira amb torsio, explica com la es distribueixen els corrents dins l'antena i el motiu de la seva forma.

A la segona part, la QHA com un circuit RLC, s'explica el sistema que s'usa per aconseguir que els dos loops de l'antena s'alimentin amb la diferència de fase correcta.

3.1.1 La QHA com una espira amb torsio

Una manera de veure la QHA és començar pel una espira quadrada de perímetre λ , on cada costat de l'espira té una longitud de $\lambda/4$. L'alimentació es situa a la meitat del costat inferior de l'espira.

Els corrents dins l'espira es distribueixen de manera que es creen dos nuls de corrent, un en cada meitat dels costats laterals de l'espira.

Seguint amb el desenvolupament de l'antena, s'agafa aquesta i es torça sobre un cilindre imaginari, quedant els costats superior i inferior paral·lels i els costats laterals com una helix que segueix la superfície del cilindre. A causa de la torsió, la distància entre els costats superior i inferior s'haurà reduït i serà menor de $\lambda/4$. Tot i això, la distribució dels corrents al llarg de l'espira serà la mateixa, ja que no s'ha variat la longitud total de l'espira.

Si en aquest últim cas es mira l'espira des de lluny, es pot aproximar que els corrents descriuen un circuit quadrat. Així un model equivalent del loop torçat són corrents recorrent el loop, totes en el mateix sentit.

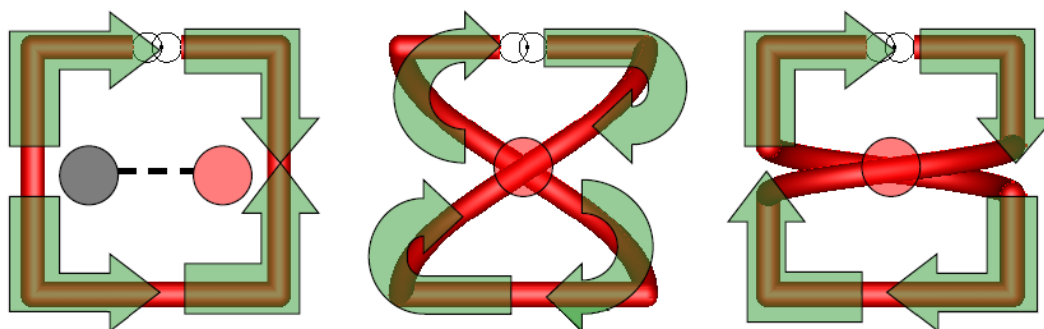


Figura 3.2: La torsio de l'espira i els seus corrents.

La unió de dos loops torçats dona el diagrama de radiació desitjat, un diagrama casi omnidireccional en el semiespai superior i amb polarització circular a dretes.

Variant la relació entre l'altura i l'amplada del quadrat, es pot variar el diagrama de radiació, fent-lo més omnidireccional cap als costats o més directiu cap al zenit.

3.1.2 Geometria de la QHA

La longitud total de l'espira ve donada per la següent equació, que surt d'aplicar el teorema de pitàgores sobre una superfície corba.

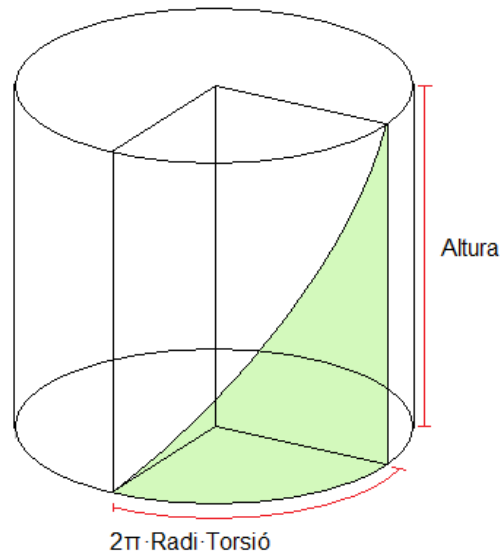


Figura 3.3: Teorema de pitàgores en una superfície corba.

$$longitud = 2 \cdot (radi + radi + \sqrt{(2\pi \cdot radi \cdot torsio)^2 + altura^2})$$

Si la longitud total de l'espira és fixa, com en aquest cas, es pot definir $x = \frac{altura}{radi}$

$$longitud = 2 \cdot (2 \cdot radi + radi \sqrt{(2\pi \cdot torsio)^2 + x^2})$$

$$longitud = 2 \cdot radi \cdot (2 + \sqrt{(2\pi \cdot torsio)^2 + x^2})$$

D'aquesta manera es pot aïllar el radi o l'altura segons la longitud total de l'espira i la relació x . És útil per saber les possibilitats de deformar l'espira, en altura i diàmetre, sense variar la longitud total.

$$altura = radi \cdot x = \frac{longitud}{2 \cdot (2 + \sqrt{(2\pi \cdot torsio)^2 + x^2})}$$

3.1.3 La QHA com un circuit RLC

Una altra manera d'entendre la QHA és com veure cada loop com una línia de transmissió, amb una impedància de valor $R \pm jX$. Aquesta impedància varia el seu valor en funció de la longitud total de la línia de transmissió. Això és més fàcil de veure amb l'ajuda de la carta d'Smith.

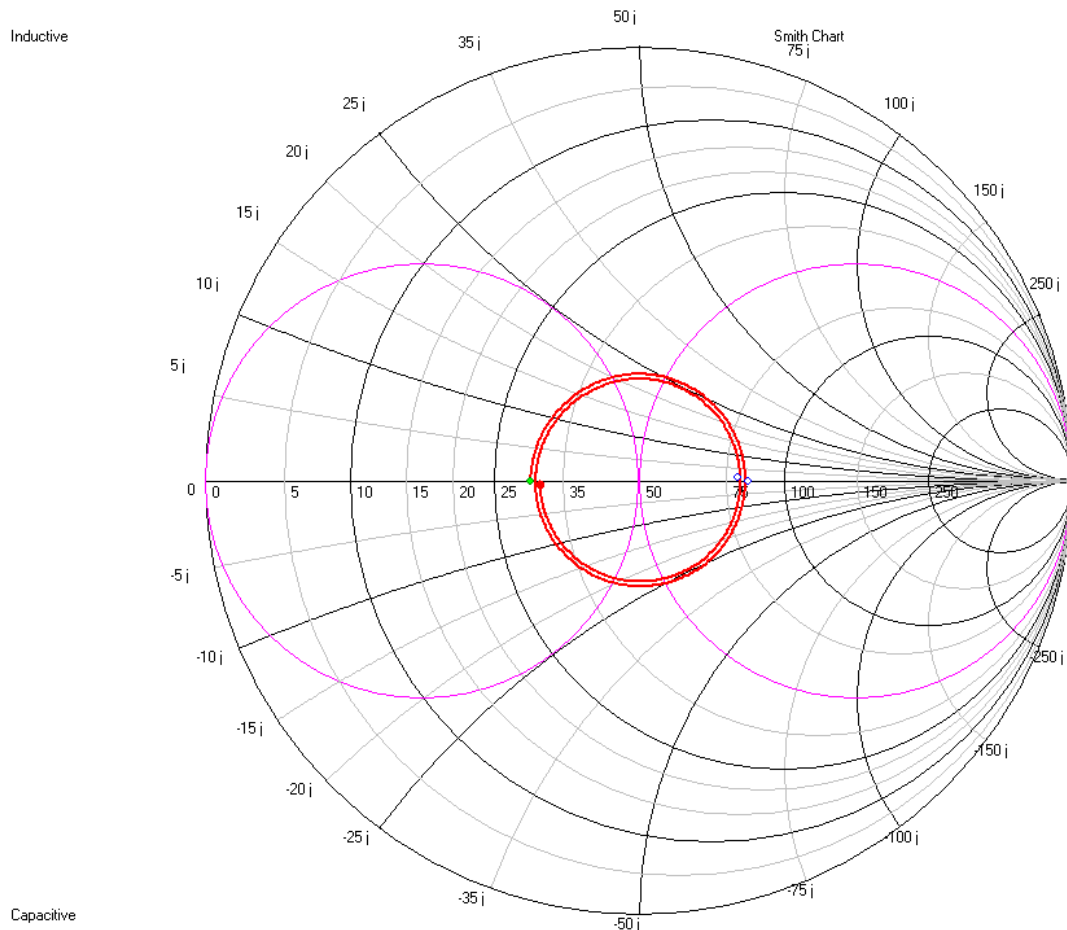


Figura 3.4: Línia de transmissió de longitud d'ona

Com es pot veure en la Figura 3.4, una línia de transmissió de longitud λ té una impedància totalment real ($R \pm j0$). Si s'augmenta la longitud de la línia de transmissió per sobre de λ , la impedància es converteix en inductiva ($R_1 + jX_1$). Per contra, si es disminueix la longitud de la línia de transmissió, la impedància es converteix en capacitiva ($R_2 - jX_2$).

D'aquí sorgeix la possibilitat de construir un loop amb una longitud total lleugerament superior a la longitud d'ona i un loop amb una longitud total lleugerament inferior a la longitud d'ona, i així buscar que la diferència de fase entre els dos loops sigui 90° , condició necessària per poder rebre en polarització

circular.

Una manera d'aconseguir el desfasament de 90° és que la corrent al loop inductiu estigui desfasada -45° respecte la tensió, mentre que el loop capacitiu aquest desfasament sigui de $+45^\circ$. La correcta connexió dels loops donarà un desfasament total de 90° . Per aconseguir aquests desfasaments de 45° , les parts real i imaginària de la impedància de cada loop han de complir la relació $R_1 = X_1$ i $R_2 = X_2$.

Aquesta relació es treu d'analitzar per separat els dos loops, que es modelen com un circuit RC per al loop capacitiu i un circuit RL per al loop inductiu. El desfasament per un circuit RL, com el de la figura 3.5, és $\phi = \arctan(\frac{X_L}{R})$ i en el cas del circuit RC el desfasament és $\phi = \arctan(\frac{X_C}{R})$.

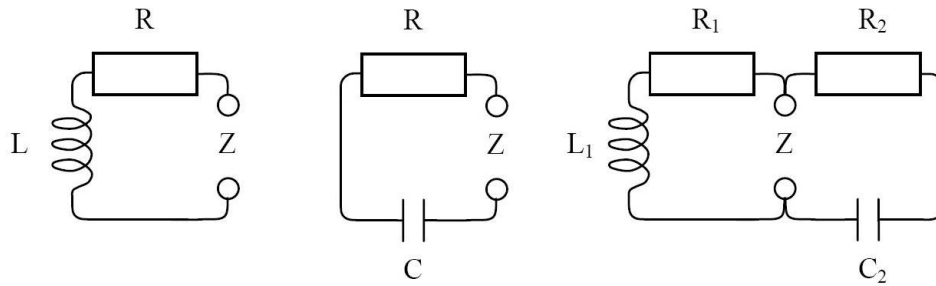


Figura 3.5: Circuit RL, RC i paral·lel de RL i RC

La connexió dels dos loops resulta un paral·lel entre un circuit RL i un circuit RC, com es veu a la figura 3.5. El valor de la impedància d'aquest paral·lel és el següent.

$$Z_{antena} = \frac{R_1 R_2 + X_1 X_2 + j(X_1 R_2 - X_2 R_1)}{R_1 + R_2 + j(X_1 - X_2)}$$

Si a més s'aplica la relació $R_1 = X_1 = \frac{Z_{RL}}{2}$ i $R_2 = X_2 = \frac{Z_{RC}}{2}$, que s'ha imposat abans per tal d'obtenir un desfasament entre els dos loops de 90° , queda l'expressió.

$$Z_{antena} = \frac{1}{2} \frac{Z_{RL} Z_{RC} + Z_{RL} Z_{RC} + j(Z_{RL} Z_{RC} - Z_{RC} Z_{RL})}{Z_{RL} + Z_{RC} + j(Z_{RL} - Z_{RC})} = \frac{(Z_{RL} Z_{RC})}{Z_{RL} + Z_{RC} + j(Z_{RL} - Z_{RC})}$$

Si finalment es força $Z_{RL} = Z_{RC}$, queda una relació per Z_{antena} molt senzilla.

$$Z_{antena} = \frac{Z_{RL}}{2} = \frac{Z_{RC}}{2}$$

A diferència d'altres antenes, que per aconseguir la diferència de fase de 90° necessària per a la polarització circular necessiten elements externs a l'antena com un retardador de $\lambda/4$, en la QHA el desfasament de 90° el proporciona la pròpia estructura de l'antena. Aquesta diferència en els dos loops també provocarà una anomalia en el diagrama de radiació, respecte el que presenta una QHA amb els dos loops iguals. Aquesta anomalia s'analitzarà més endavant en l'apartat de simulacions, per veure fins a quin punt afecta en la recepció.

3.2 Comportament simulat de la QHA

Per a confirmar la teoria de l'antena QHA i veure les seves possibilitats, s'ha simulat l'antena amb FEKO, tot variant diferents paràmetres de l'antena per fer una comparativa.

Primerament s'ha mirat si la variació de la relació altura-diàmetre de l'antena afecta molt en el seu diagrama de radiació.

S'ha fet aquesta simulació per a diferents torsions de l'antena, mantenint sempre la longitud total del loop com a λ .

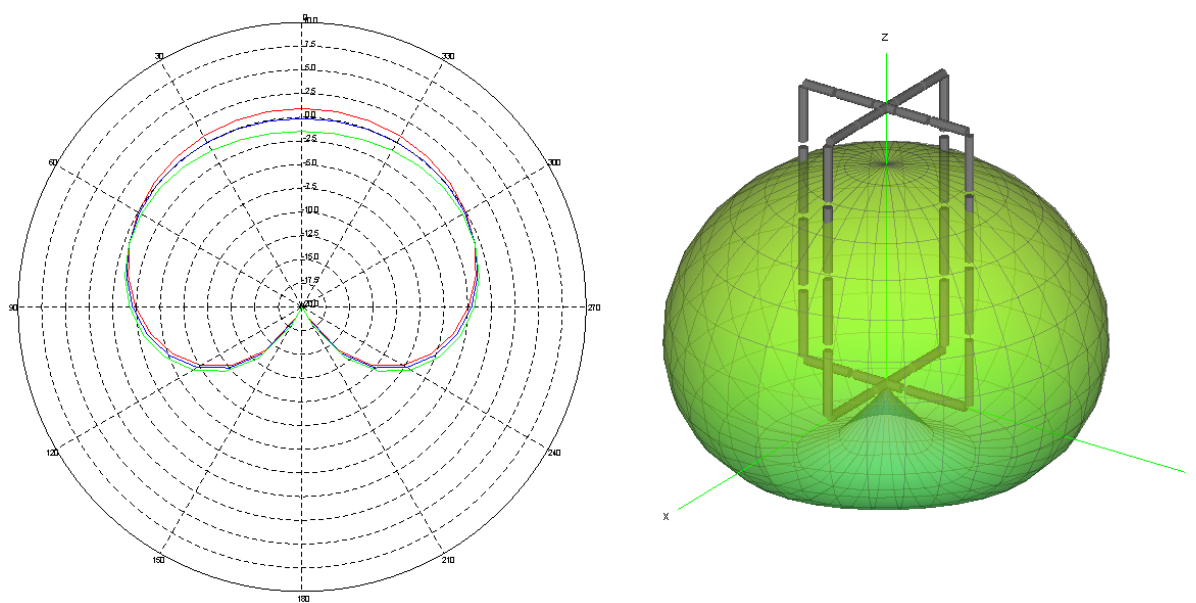


Figura 3.6: Grafiques d'una QHA sense torsio. A la dreta imatge en 3D de la simulacio.

altura-diàmetre	Color	Guany al zenit	Guany a 30°	Guany a 60°	Guany a l'horitzo
50-50	roig	0.9 dB	0.8 dB	0 dB	-2 dB
60-40	blau	-0.2 dB	0 dB	0 dB	-2 dB
70-30	verd	-0.5 dB	-1 dB	-0.4 dB	-1.5 dB

Taula 3.1: Llegenda de la grafica sense torsio.

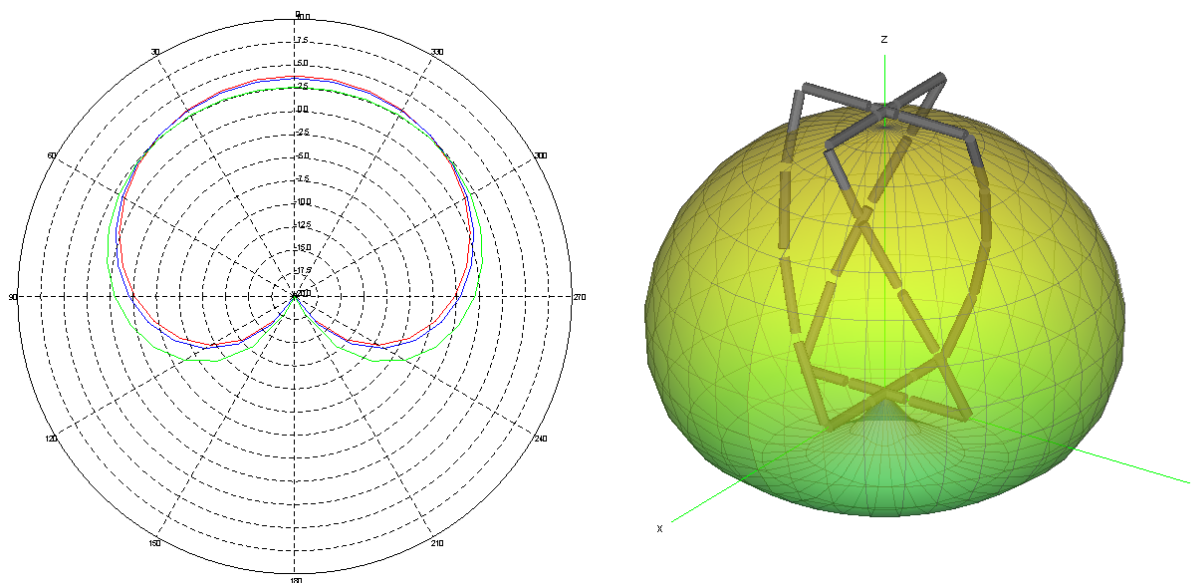


Figura 3.7: Grafiques d'una QHA de torsio un quart. A la dreta imatge en 3D de la simulacio.

altura-diàmetre	Color	Guany al zenit	Guany a 30°	Guany a 60°	Guany a l'horitzo
50-50	roig	3.9 dB	3 dB	1.1 dB	-2.7 dB
60-40	blau	3.5 dB	3 dB	1.6 dB	-2 dB
70-30	verd	3.4 dB	3 dB	1.5 dB	-2 dB

Taula 3.2: Llegenda de la grafica de torsio un quart.

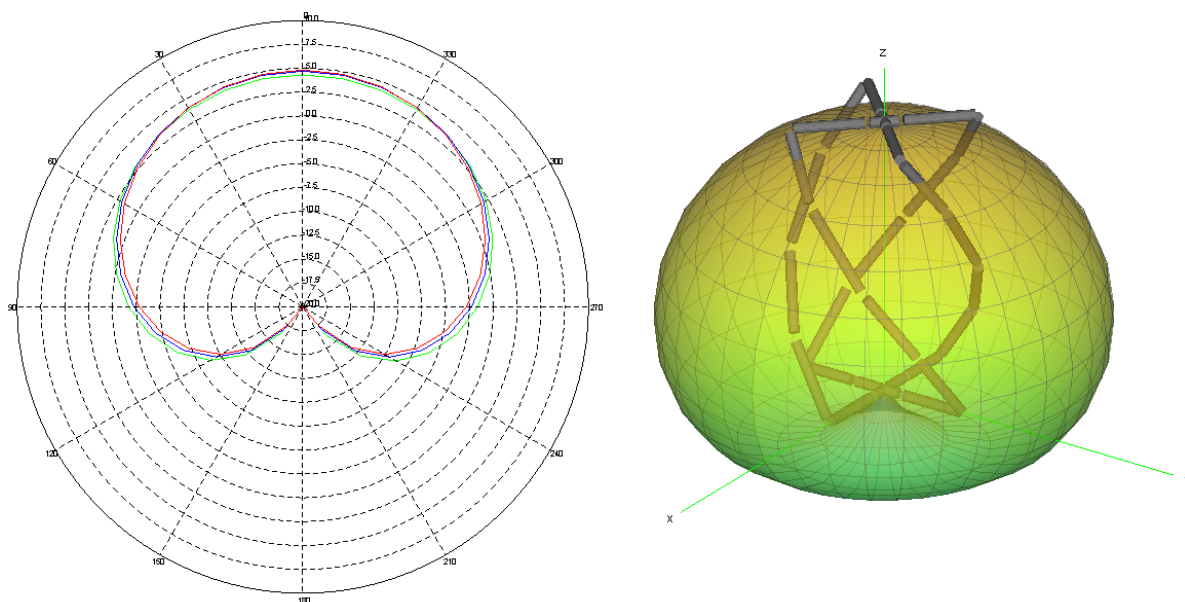


Figura 3.8: Grafiques d'una QHA de torsio 0,375. A la dreta imatge en 3D de la simulacio.

altura-diàmetre	Color	Guany al zenit	Guany a 30°	Guany a 60°	Guany a l'horitzo
50-50	roig	4.7 dB	4 dB	1.5 dB	-3 dB
60-40	blau	4.5 dB	4 dB	2 dB	-2.5 dB
70-30	verd	4.2 dB	3.7 dB	2.2 dB	-1.7 dB

Taula 3.3: Llegenda de la grafica de torsio 0,375.

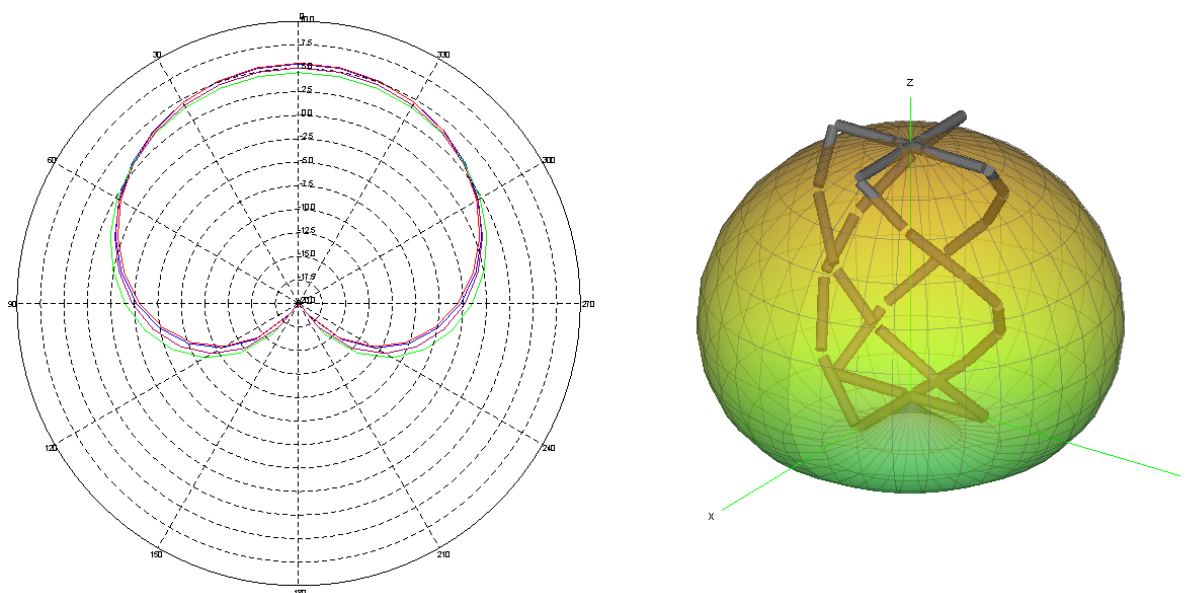


Figura 3.9: Grafiques d'una QHA de torsio un mig. A la dreta imatge en 3D de la simulacio.

altura-diàmetre	Color	Guany al zenit	Guany a 30°	Guany a 60°	Guany a l'horitzo
50-50	roig	5.5 dB	4.7 dB	1.9 dB	-3.1 dB
60-40	blau	5.5 dB	4.7 dB	2 dB	-2.7 dB
70-30	verd	4.4 dB	4.2 dB	2.3 dB	-1.5 dB
80-20	lila	5 dB	4.2 dB	1.9 dB	-2.1 dB

Taula 3.4: Llegenda de la grafica de torsio un mig.

Com a conclusió de les simulacions, es pot dir que la millor torsió és d $1/2$ de volta i una relació altura/diàmetre al voltant d'un 70-30. En el cas que es busqui una antena el més omnidireccional possible en tot el semiespai superior.

Si el guany en els horitzons es poc important, una antena de torsió $1/4$ és suficient, a més és més fàcil de construir.

3.2.1 Anomalia en el diagrama de radiació

Com s'havia comentat en l'apartat de teoria, el fet de tenir un loop més gran que l'altre provoca una anomalia en el diagrama de radiació de la QHA, ja que en la teoria els dos loops han de ser iguals.

S'ha simulat una antena amb les dimensions exactes de la QHA de tub de coure, per a veure si el diagrama de radiació varia molt del teòric.

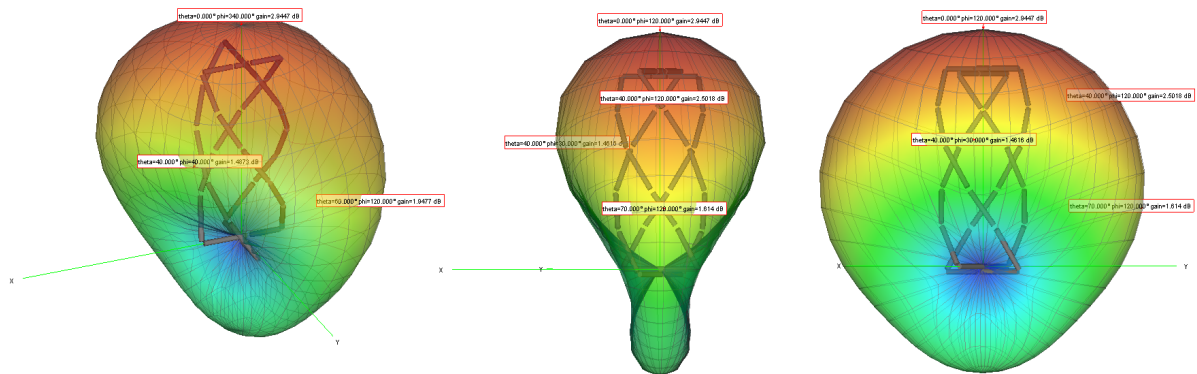


Figura 3.10: Anomalia en el diagrama de radiació provocada per la diferencia de tamany entre els loops.

Com es pot veure en el dibuix, hi ha una direcció que en surt perjudicada per que fa al guany de l'antena. El guany és entre 0.5dB i 1dB inferior al teòric.

A la practica, en la recepció d'imatges, aquest efecte és minúscul i més si s'orienta l'antena de manera que la direcció amb menys guany apunti Est i Oest, ja que les bones passades del satèl·lit són de Nord a Sud i viceversa.

Capítol 4

Construcció de la QHA

Un dels objectius del treball era el de construir una antena quadrifilar helicoidal (QHA) per verificar els resultats de les simulacions amb FEKO.

Abans de començar el treball ja hi havia dos QHA al terrat del D4, una construïda per Jesús Aguilera Sánchez durant el seu projecte final de carrera¹ i una altra construïda pel professor José M. Miguel. Ambdós construïdes amb cable coaxial RG-59 i usant la malla del cable com a element radiant.

Després d'unes primeres proves amb antenes de cable coaxial, es va decidir usar algun altre tipus de conductor com a element radiant de l'antena. Això permetria comparar les antenes entre elles en altres aspectes, a més de la qualitat de la senyal rebuda, com poden ser: el preu, la facilitat/dificultat de construcció, la solidesa de l'antena un cop muntada, etc...

Una bona manera de començar la construcció d'una antena es anar a algun gran magatzem o tenda especialitzada en ferreteria. Allí un es pot fer una idea de tot el que te a la seva disposició a l'hora de construir l'antena i el seu preu. Mirar les diferents peces i tamanys, materials i eines, etc... és necessari per assegurar-se que el disseny que s'ha fet es podrà implementar, i en cas que sigui necessari, s'ha d'adaptar el disseny a les peces i materials existents al mercat.

També s'ha de tenir el compte que no tots els materials es treballen de la mateixa manera i sovint es necessiten eines específiques per tallar, soldar, ... Així que, segons quin tipus de QHA, és necessari tenir un bon banc i eines de treball abans d'embarcar-te en la construcció.

¹Jesús Aguilera Sánchez *Diseño y realización de una estación para la recepción de imágenes procedentes de los satélites de órbita polar*

4.1 QHA variable d'Alumini

Al veure l'antena PADAT137², es va contemplar la possibilitat de construir una QHA de dimensions variables per al laboratori de la UPC. Aquesta antena permetria experimentar i contemplar totes les possibilitats de la QHA.

En el seu treball, *R.O.Jansen*, proposa un sistema per variar l'altura i la longitud dels loops de la QHA. Aquest sistema consisteix incorporar unes guies a l'antena i uns cargols al final de les vares horitzontals, de manera que es poden fixar longituds per a cada loop. Al mastil hi ha un sistema similar, de manera que també es pot regular l'altura de l'antena.



Figura 4.1: sistema de guies de l'antena PADAT137

La principal motivació per a construir una QHA variable és poder ajustar manualment la impedància de l'antena variant les seves dimensions. A més, si el disseny de la nova antena permet variar les dimensions dels elements horitzontals, també es poden fer mesures i experiments amb la relació Altura/diàmetre de l'antena.

4.1.1 Disseny i contruccio de la QHA variable d'Alumini

El objectius que havia de complir el disseny de la QHA són els següents:

- Un loop totalment variable, tant en altura com en diàmetre.
- Una torsió variable, almenys dins uns certs valors.

²R.O.Jansen. *The PADAT137 an RQH Antenna*

- L'antena ha de ser, un cop ajustades les mides, suficientment robusta per funcionar a l'exterior.
- Llibertat en el material a utilitzar, sempre que sigui econòmicament viable, es pugui aconseguir sense dificultat i s'hi pugui treballar còmodament.

Seguint aquests punts, es va arribar al disseny de la figura 4.2. Els elements horitzontals són telescòpics per a variar el diàmetre de l'antena. D'una manera similar a l'antena *PADAT137*, s'usen guies per a variar l'altura de l'antena, pero aquestes guies estan a al final del eixos horitzontals, mentre que en la *PADAT137* se situen al final de les parts espirals de l'antena. La part mòbil dels eixos també es capaç de rotar sobre si mateixa per tal de donar al loop l'angle necessari per a la torsió.

La possibilitat de variar la torsió és una altra diferència important respecte la *PADAT137*, que esta dissenyada per una torsió fixa de $1/4$.

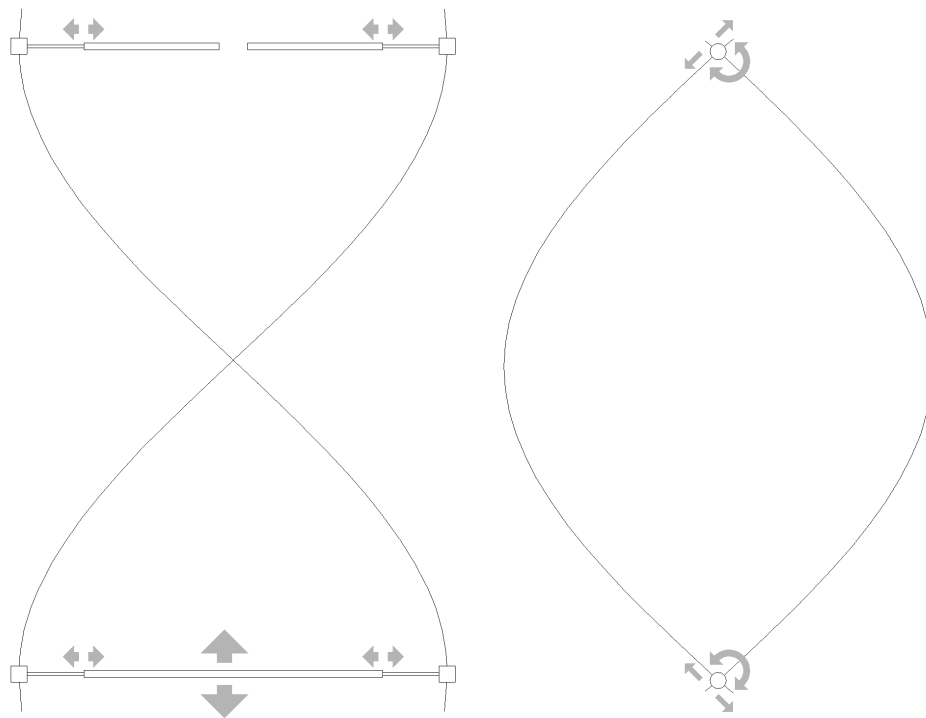


Figura 4.2: Disseny del loop de la QHA variable

Per a implementar físicament el eixos del loop, s'ha escollit tub d'alumini per la part central i una barra d'alumini adient per la part telescòpica. El motiu pel que s'ha escollit l'alumini com a material i no el coure és degut l'ampli ventall de fils i tubs d'alumini que hi ha al mercat, pel que trobar tubs de diferents mides que s'adaptin telescòpicament és molt més fàcil.

Les guies s'han contruït usant com a base la part metàl·lica de reletes elèctriques. Aquestes bases es foraden amb una broca per a metall, la mida de la broca depèn de que susi com a elements helicoidals en l'antena. Posteriorment s'uneixen al final de les barres d'alumini dels eixos horitzontals. Les fixacions de

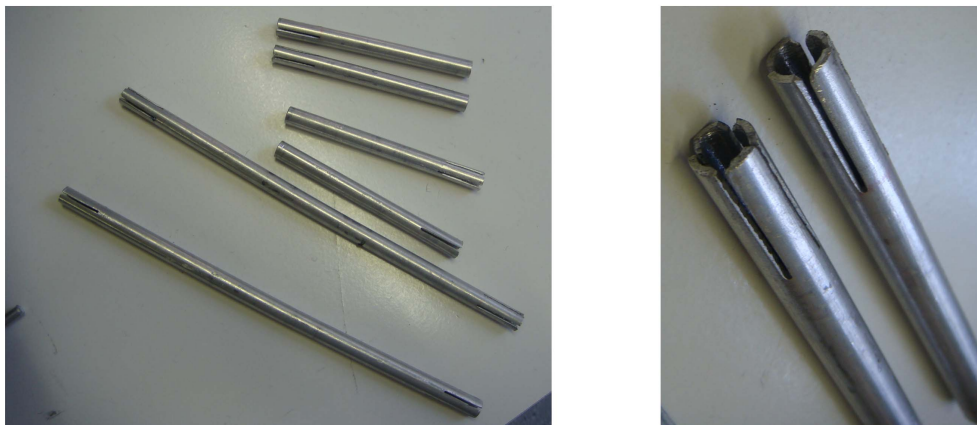


Figura 4.3: Eixos horitzontals amb tub d'alumini.

les guies son els mateixos caragols de la releta i es poden regular amb un destornillador pla. La unió de les reletes amb les barres d'alumini es pot reforçar amb una soldadura d'estany feta amb pistola d'aire calent.

El muntatge final de les guies queda com el de la figura 4.4.

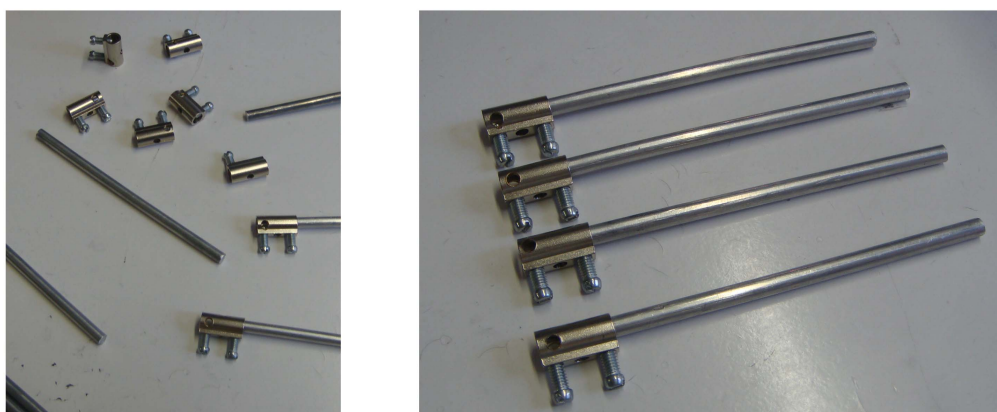


Figura 4.4: Muntatge de les guies

El següent pas és unir els tubs d'alumini amb les barres i les guies i fixar-ho en una base. Una bona manera d'unir els tubs amb les barres és usant abraçaderes, aquestes es poden ajustar, i reajustar tant com es vulgui, amb un destornillador pla.

Per a la construcció de la base es pot usar qualsevol material que sigui aïllant i robust. Una bona elecció és

una base de PVC, és pot aconseguir en qualsevol lloc i és un material barat. La base es perfora en forma de creu, usant una broca per a metall de diàmetre lleugerament superior al dels tubs d'alumini dels eixos. La imatge de la part superior de l'antena hauria de ser similar a la de la figura 4.14.

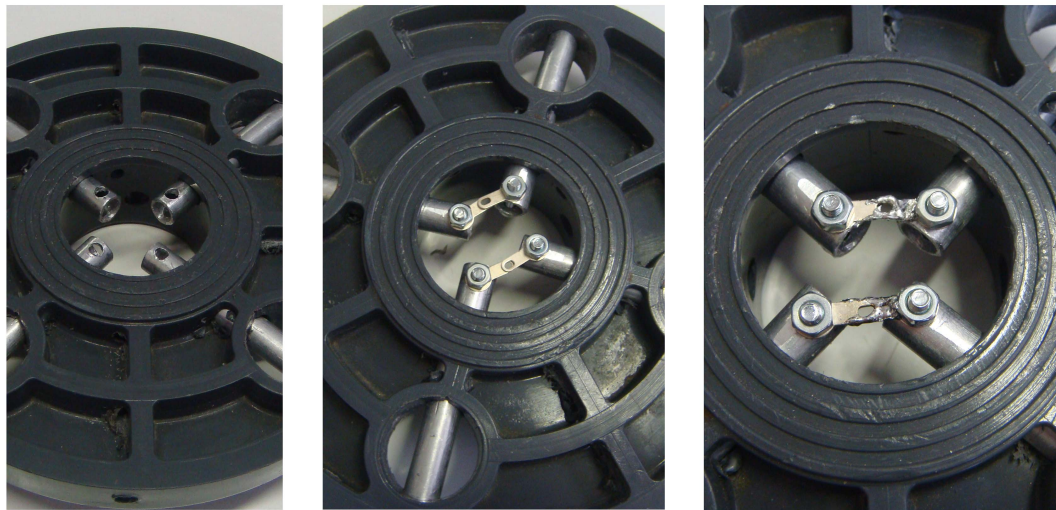


Figura 4.5: Detall del muntatge de les connexions

Respecte a les connexions de l'antena amb el cable coaxial, no és recomanable soldar directament el cable amb l'antena, ja que l'alumini és un material difícil de soldar.

La millor opció és foradar el tub d'alumini i amb cargols, ajustar-hi 'llenguets per a connexions'. El resultat és una unió robusta i apta per a la soldadura tova amb estany. A la Figura 4.5 es pot veure com queda la zona per a les connexions.

En la part inferior de l'antena, s'ha escollit el mateix sistema per al màntil que la *PADAT137*. El sistema consta de dues ranures creuades al màntil, que fan de guies per als tubs d'alumini.

Com a afegit al sistema s'ha reforçat el màntil, tant per la part interior com exterior, a l'altura de les guies, ja que les ranures debiliten bastant l'estructura del tub de PVC. El fet d'usar uns tubs d'alumini de diàmetre menor que la *PADAT137* també ajuda en aquest aspecte.

Pel a la construcció de la part helicoidal de l'antena s'ha escollit fil ferro d'alumini de 2mm de diàmetre. És se li pot donar la forma que es vulgui amb certa facilitat i a la vegada traça la torsió sense deformar-se pel vent.

És aconsellable fer unes marques al fil, cada centímetre per exemple, per a poder veure la longitud de l'espiral còmodament un cop muntada l'antena. Això també és molt útil quan es vol variar la forma de l'antena actual a unes mesures definides.



Figura 4.6: L'antena d'alumini al terrat del D4.

4.1.2 Cost de la QHA d'alumini

ARTICLE	PREU
Barra d'alumini	0.95 euros/metre
Tub d'alumini	2.5 euros/unitat
Base de PVC	12 euros
Tub de PVC	1.15 euros
Regleta elèctrica	3.8 euros
Abraçaderes metàl·liques	0.3 euros/unitat
fil-ferro	2.5 euros
Adhesiu PVC	2.25 euros
TOTAL	30-35 euros

Taula 4.1: Cost de la QHA d'alumini

4.2 QHA fixa de tub de coure

Aquest apartat descriu la construcció d'una QHA feta amb tub de coure de 12mm.

La principal avantatge d'usar tub de coure per a la construcció de l'antena és la seva robustesa, que alhora presenta l'inconvenient que un cop construïda l'antena no es poden variar les seves mides. Això fa que sigui molt difícil trobar experimentalment la desviació sobre la longitud d'ona que s'ha de donar als dos loops, per això es va decidir usar les dimensions proposades en el treball *Resonant Quadrafililar Helical Antenna*³ i fer una comparativa entre els resultats del seu treball i els resultats obtinguts amb l'antena.

Les dimensions proposades són les següents.

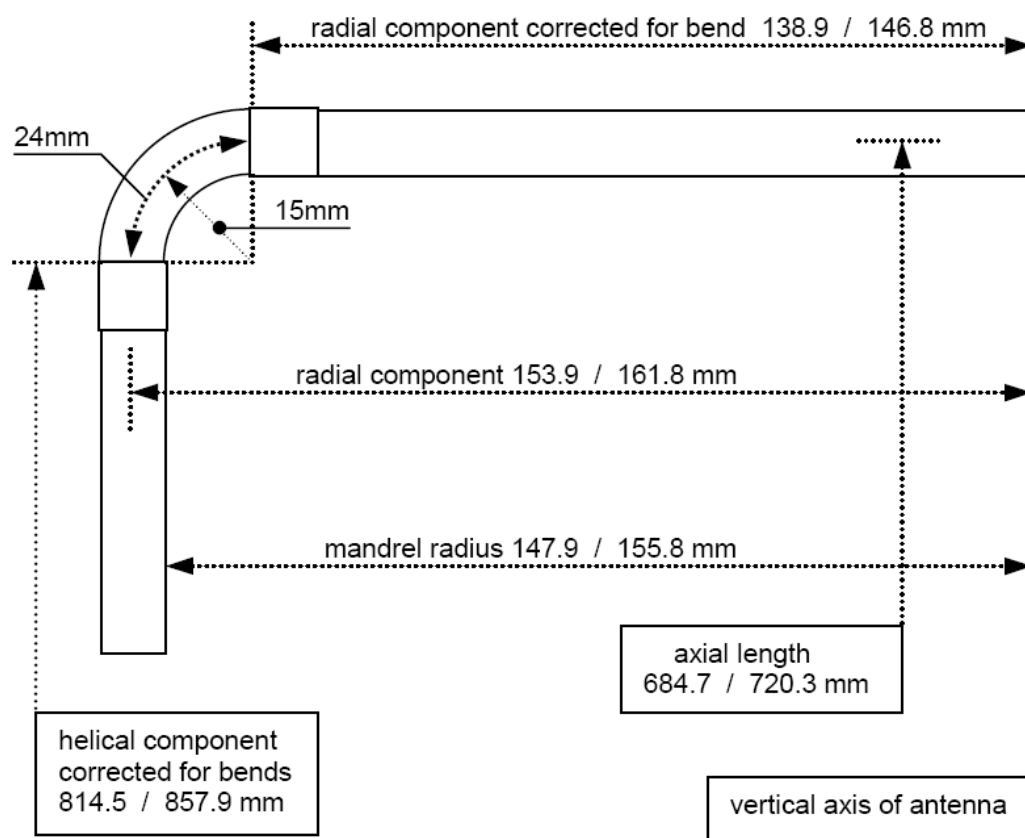


Figura 4.7: Dimensions proposades per la QHA de tub de coure

³R.W. Hollander. *Resonant Quadrafililar Helical Antenna* WORKING GROUP SATELLITES

4.2.1 Contruccio de la QHA fixa de tub de coure

Per a construir l'antena es va pensar en usar tub de coure recuit. Aquest té la avantatge que es pot doblegar sense necessitat d'escalfar el coure, sent molt més fàcil donar forma a l'antena.

El tub de coure recuit es compra en un rotlle de varis metres, pel que és necessari un tallatubs per tallar-lo en els tubs més petits per a la construcció de l'antena. Es recomanable donar una forma recta al tub de coure abans de tallar-lo.

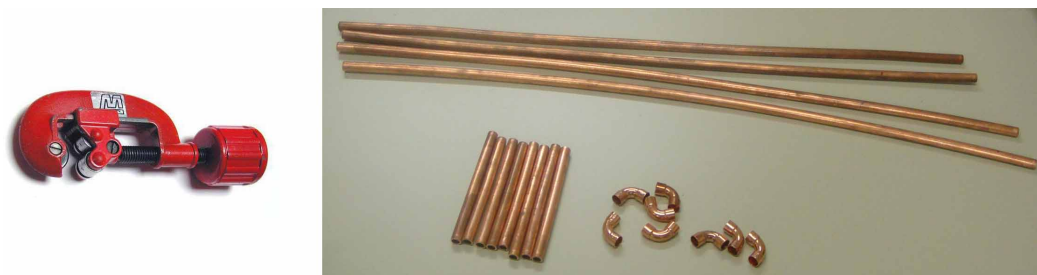


Figura 4.8: Tallatubs i els tubs ja tallats

Un cop tallats els tubs, s'ha de donar-los la forma de l'antena. Hi ha moltes maneres de fer això, el procediment que he seguit jo és el següent:

1. construir una gran cilindre de paper de mides similars a l'antena. Sobre aquest cilindre, dibuixar amb un rotulador les corbes que han de seguir els tubs.
2. Amb l'ajuda d'una superfície corba anar doblegant els tubs i, sobre la superfície del cilindre de paper, comprovar que els tubs tracen la corba correcta. És important que la superfície sobre la que es dobleguen el tubs sigui corba i no angulara, per que si no, es pot malmetre el tub.

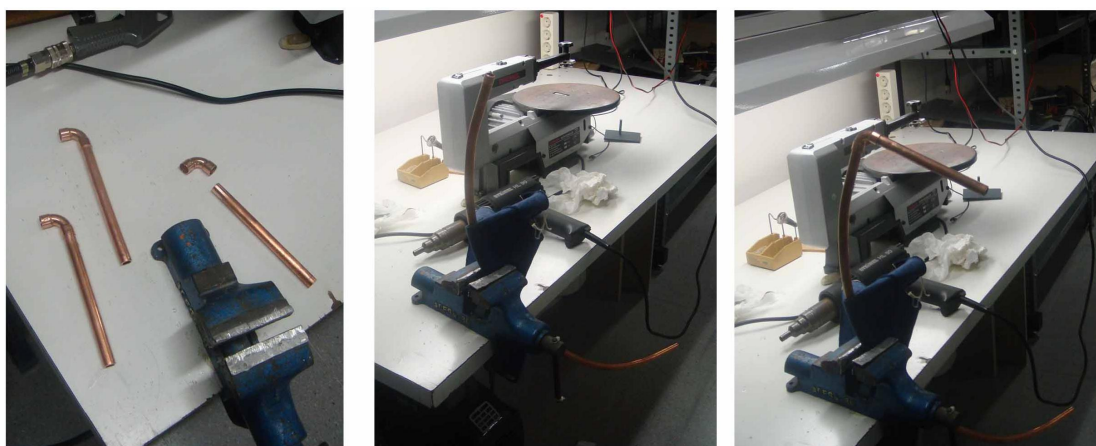


Figura 4.9: Imatges del proces de soldadura

Ja doblegats els tubs, s'han de soldar amb els colzes. La millor manera de fer-ho és amb soldadura tova per capil·laritat, usant una pistola d'aire calent. El procediment és el següent:

1. Comprobar que les superfícies a unir, colze i tub, encaixen perfectament. Netejar les superfícies a unir amb un respall metàl·lic.
2. Aplicar una substància àcida sobre les superfícies a unir, per acabar de netejar-les. Aquest és un producte que es pot trobar a qualsevol ferreteria.
3. Fixar els dos tubs en la posició que es volen soldar i escalfant la unió amb la pistola d'aire.
4. Quan la unió ja estigui calenta, anar introduint estany a l'espai que queda entre els dos tubs. Per capil·laritat el tub anirà absorbint l'estany. És important introduir l'estany per sota la unió i que el tub l'absorbeixi cap amunt, així si el tub absorbeix més estany del necessari aquest surt per la unió i va cap a l'interior del tub.
5. Netejar amb un paper o tela la unió, per treure l'acid i les impureses. Deixar refredar la unió.

Fetes totes les soldadures i amb els tubs ja freds, s'han d'acabar d'ajustar les torsions i dimensions de l'antena. S'ha de comprobar que els tubs encaixaran un cop muntada l'antena.

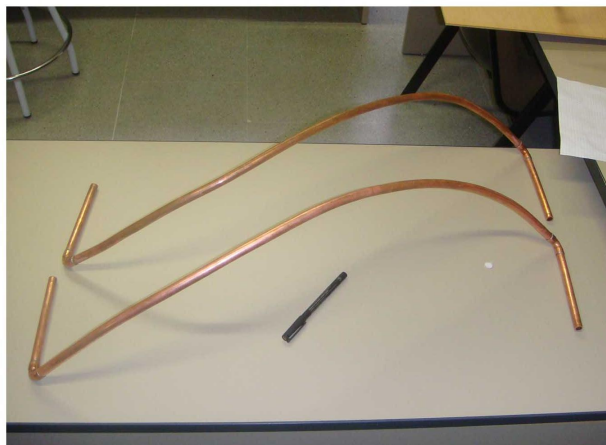


Figura 4.10: Els tubs ja llestos per muntar l'antena i l'antena muntada

El següent pas es construir la base de l'antena, que en suportarà el pes i l'unirà al màstil. Per a la seva construcció s'ha usat una base per a tubs de PVC, que s'ha completat amb làmines de PVC de diferents gruixos per obtenir la diferència d'altures que hi ha entre els dos loops de l'antena. Aquestes làmines s'han enganxat amb cola per a PVC.

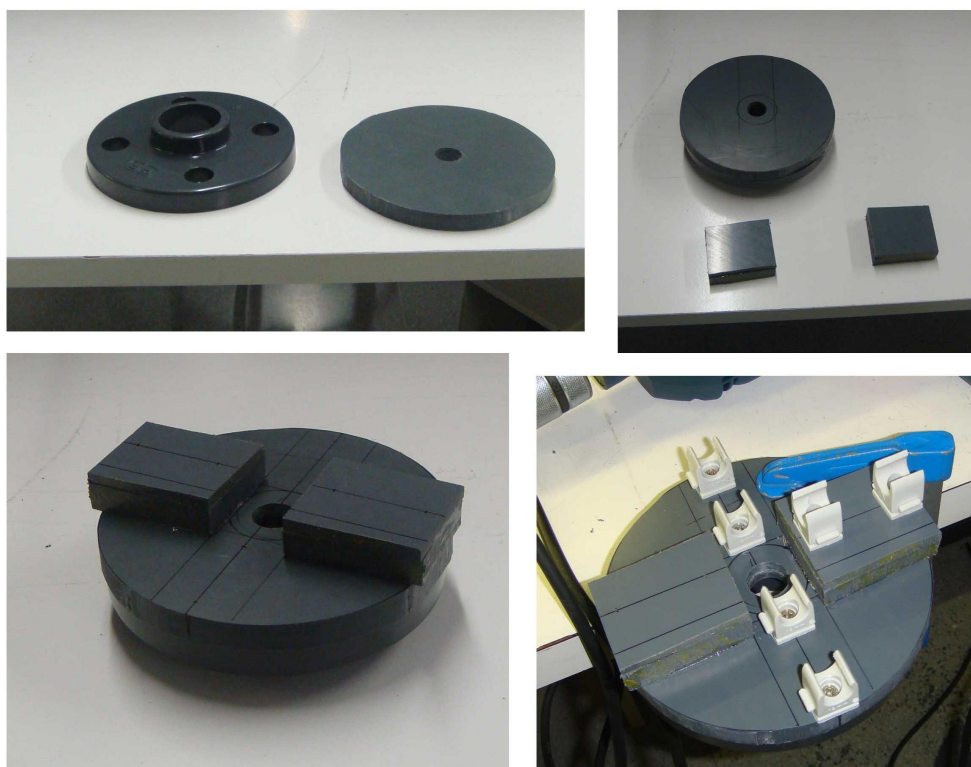


Figura 4.11: Imatges del muntatge de la base de l'antena

Per a subjectar l'antena a la base, s'han atornillar a la base abraçaderes per a tub de 12 mm.

Per acabar l'antena s'han de fer les connexions, pero abans s'ha de passar el cable coaxial per l'interior de mig loop de l'antena per tal de crear el balun infinit.

El tub de coure de 12mm és molt estret i a més hi ha els colzes, pel que passar el cable RG-58 pel seu interior no es fàcil. Per aconseguir-ho es va haver de passar primer un filferro molt fi lligat a un pes, que amb l'ajuda d'una pistola d'aire impulsant el pes, va fer el recorregut. Després es va passar un cable una mica més gruixut i resistent, per finalment, poder estirar el cable RG-58.

Ara hi ha el problema de les soldadures per a les connexions. El tub de coure dissipa la calor del soldador, pel que no es pot aconseguir una soldadura forta entre l'antena i el cable coaxial. Per altra banda, no es pot usar la pistola d'aire calent, ja que fondria el cable coaxial que hi ha a l'interior del tub de coure.

Com a solució, es va foradar el tub de coure amb una broca fina per a metall. Així, es poden soldar primer unes llengüetes al coaxial i atornillar-les després a l'antena. També es van usar llengüetes per a connectar els diferents tubs de l'antena entre ells.

En el balun infinit, les connexions de la part inferior de l'antena, s'ha usat el mateix sistema de llengüetes i cargols per a fer les connexions. Per unir els braços de l'antena amb la malla del coaxial, s'ha tret amb cura la coberta del cable coaxial i s'ha soldat directament amb un soldador per a soldadura tova i estany.

Finalment s'ha acabat de reforçar la unió entre la base i l'antena amb una brida gruixuda per a cada braç.



Figura 4.12: Detall de les llengues

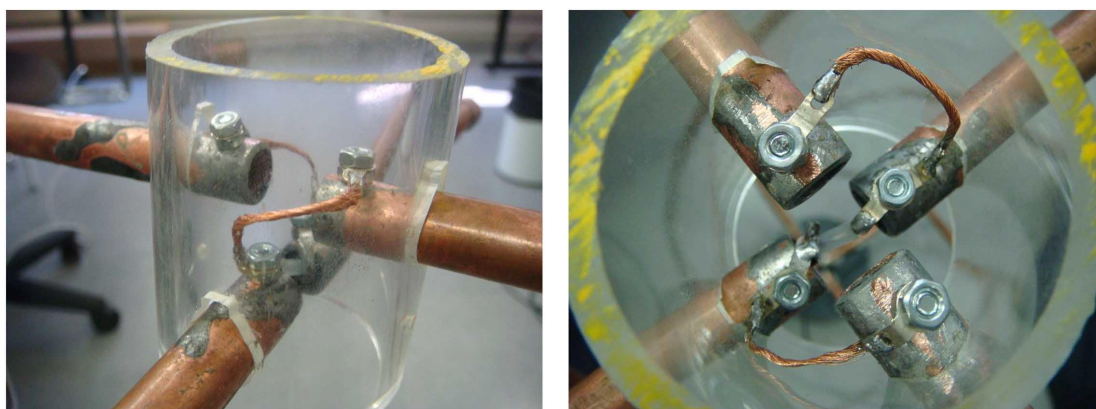


Figura 4.13: Detall de les connexions de la part superior de l'antena

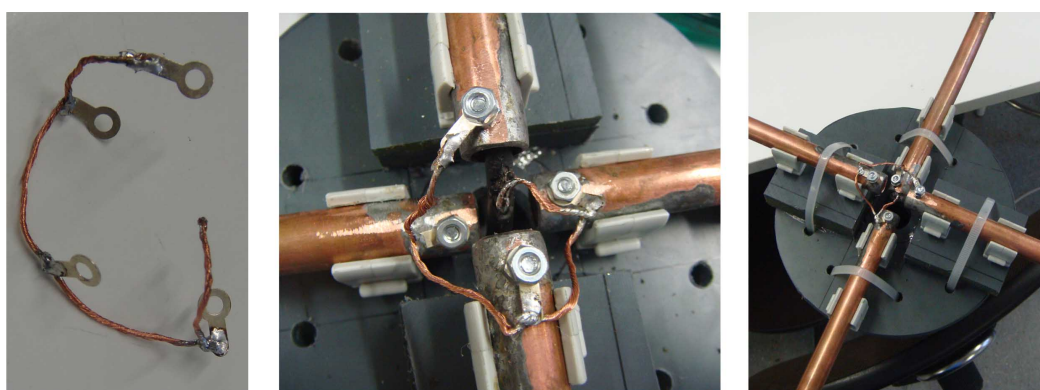


Figura 4.14: Detall de les connexions de la part inferior de l'antena

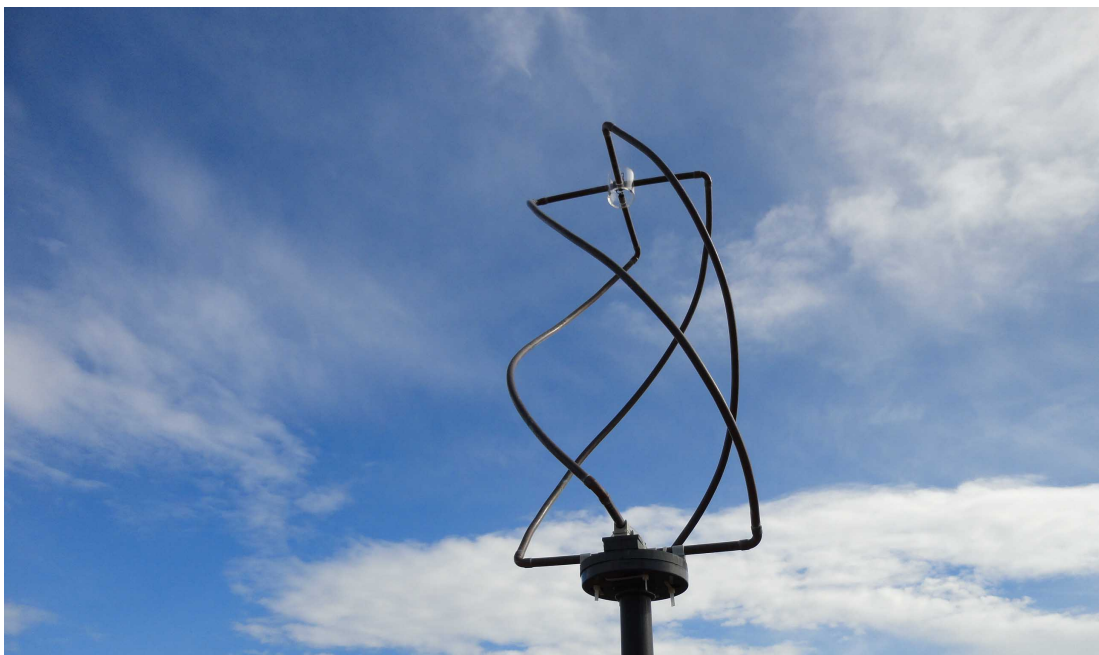


Figura 4.15: L'antena, ja acabada, al terrat del D4

4.2.2 Cost de la QHA de tub de coure

ARTICLE	PREU
Tub de coure de 12mm	6 euros/metre
Colzes de coure de 12mm	0.8 euros/unitat
Base de PVC	12 euros
Tub de PVC	1.15 euros
Abraçaderes per a tub de 12mm	2 euros/10 unitats
TOTAL	45-50 euros

Taula 4.2: Cost de la QHA de tub de coure

Capítol 5

Experiments i mesures

5.1 Sensibilitat de les antenes segons l'ICOM

Una de les característiques dels receptors ICOM és la possibilitat de guardar el valor de la senyal que es rep en funció del temps i posició del satèl·lit¹. Això permet, un cop la passada ha finalitzat, dibuixar una gràfica que mostra la sensibilitat de l'antena.

Com es veurà en els diagrames, el comportament de l'antena QHA és quasi omnidireccional i molt superior al de la turnstile.

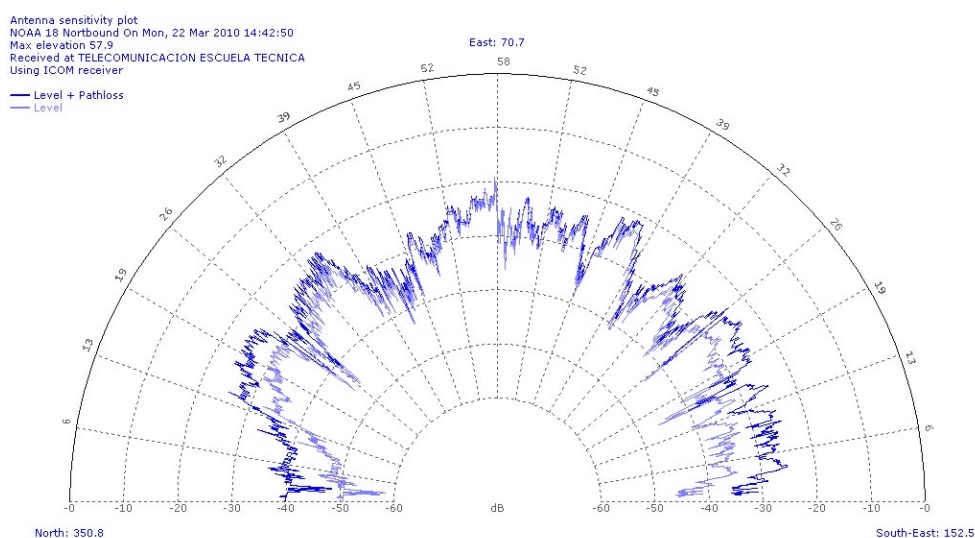


Figura 5.1: Sensibilitat de l'antena turnstile enregistrada amb l'ICOM-PRC1000

¹Patrik Tast and Jerry Martes. *Signal Plotter. A tool for evaluating APT Antenna Performance* Group for Earth Observation

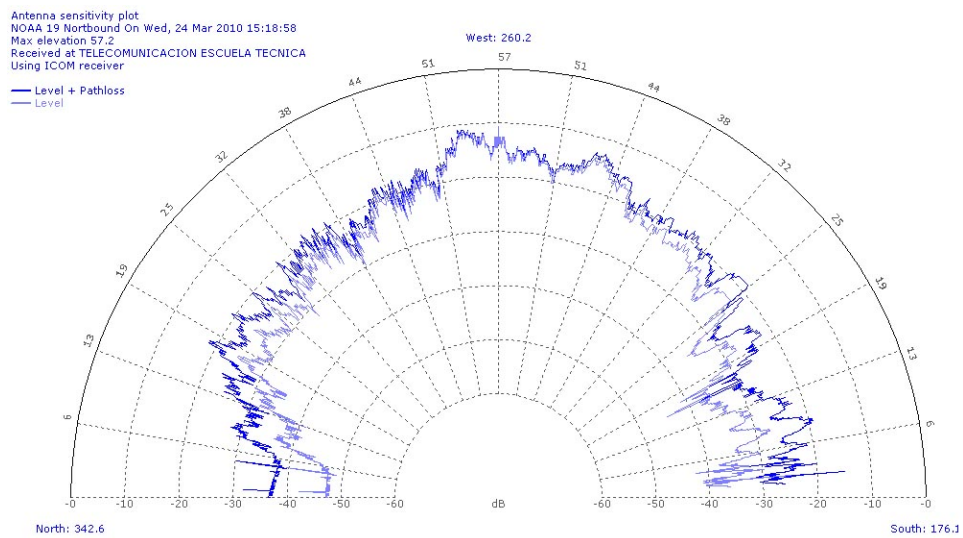


Figura 5.2: Sensibilitat de l'antena turnstile amb pla conductor enregistrada amb l'ICOM-PRC1000

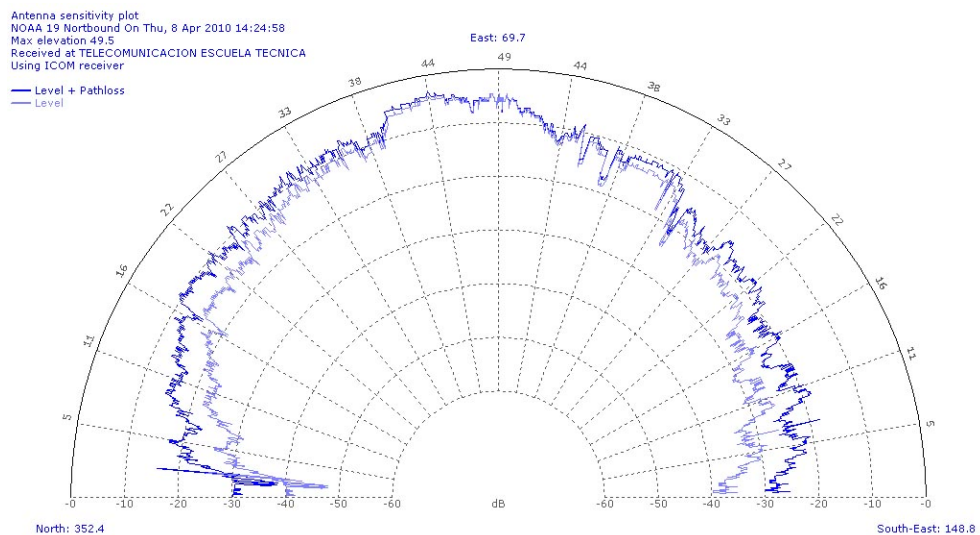


Figura 5.3: Sensibilitat de l'antena QHA de tub de coure enregistrada amb l'ICOM-PRC1000

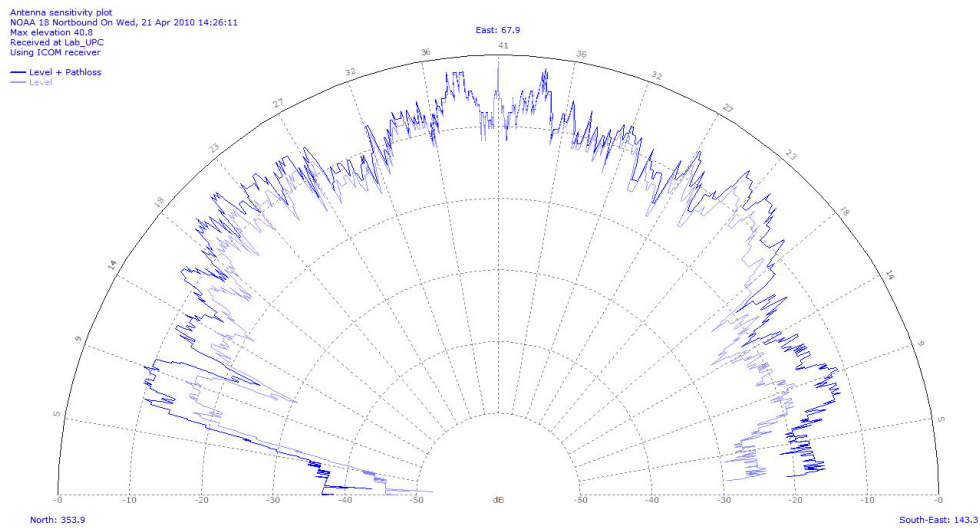


Figura 5.4: Sensibilitat de l'antena QHA de coaxial enregistrada amb l'ICOM-PRC1500

5.2 Impedància de la QHA de tub de coure

Es va mesurar la impedància, de la QHA construïda amb tub de coure de 12mm de diàmetre, amb l'analitzador d'impedàncies MFJ-269. Per evitar que els instruments del laboratori alteressin les mesures, aquestes es van fer a cel obert, al terrat del D4.

L'objectiu era contrastar les mesures real obtingudes amb l'analitzador d'impedàncies amb les mesures teòriques obtingudes per Hollander en el seu treball.

Com es pot veure a la gràfica, tot i que en gran part de la gràfica els valors difereixen bastant, coincideixen en les proximitats de la freqüència 137 MHz. Realment tampoc he donat molta importància a aquest experiment, ja que l'antena ha donat uns resultats excel·lents.

Frequencia	R	X	SWR	Frequencia	R	X	SWR
136,6	46	24	2	133	37	20	2
136,7	46	25	2	133,5	40	20	1,9
136,8	47	26	2	134	41	20	1,9
136,9	47	27	2,1	134,5	43	21	1,9
137	48	27	2,1	135	44	21	1,9
137,1	48	28	2,1	135,5	44	22	1,9
137,2	52	19	2,2	136	49	26	2
137,3	53	20	2,2	136,5	46	24	1,9
137,4	54	20	2,2	137	48	27	2,1
137,5	55	20	2,3	137,5	55	20	2,2
137,6	56	21	2,3	138	60	23	2,4
137,7	57	21	2,3	138,5	73	13	2,6
137,8	58	22	2,4	139	82	14	2,7
137,9	59	23	2,4	139,5	93	16	2,9
138	60	23	2,2	140	110	0	3,1
138,1	62	24	2,5	140,5	118	0	3,3
138,2	63	24	2,5	141	121	0	3,6
138,3	70	12	2,5	141,5	118	0	3,8
138,4	71	13	2,6	142	109	26	4
138,5	73	13	2,6	142,5	84	54	4,5

Taula 5.1: Poca variacio frequencial

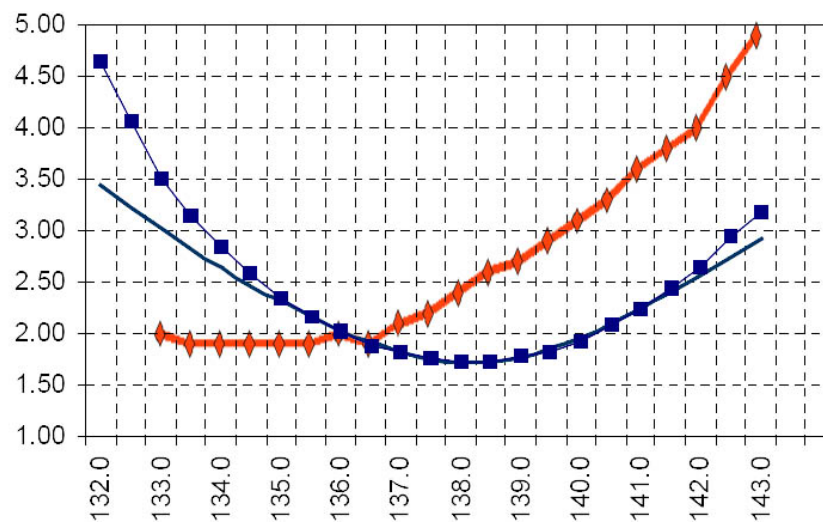


Figura 5.5: Comparativa entre els valors teòrics(blau) i mesurats(taronja)

5.3 Algunes imatges obtingudes amb les QHA

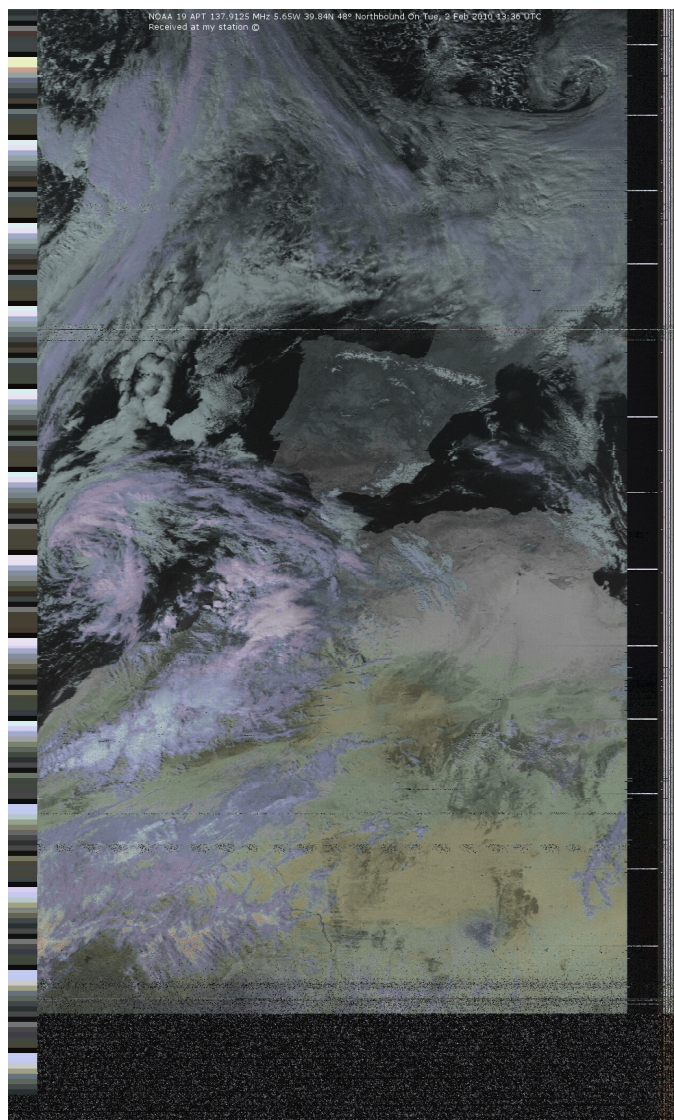


Figura 5.6: Imatge en fals color, obtinguda del NOAA 19 el 2 de Febrer de 2010.

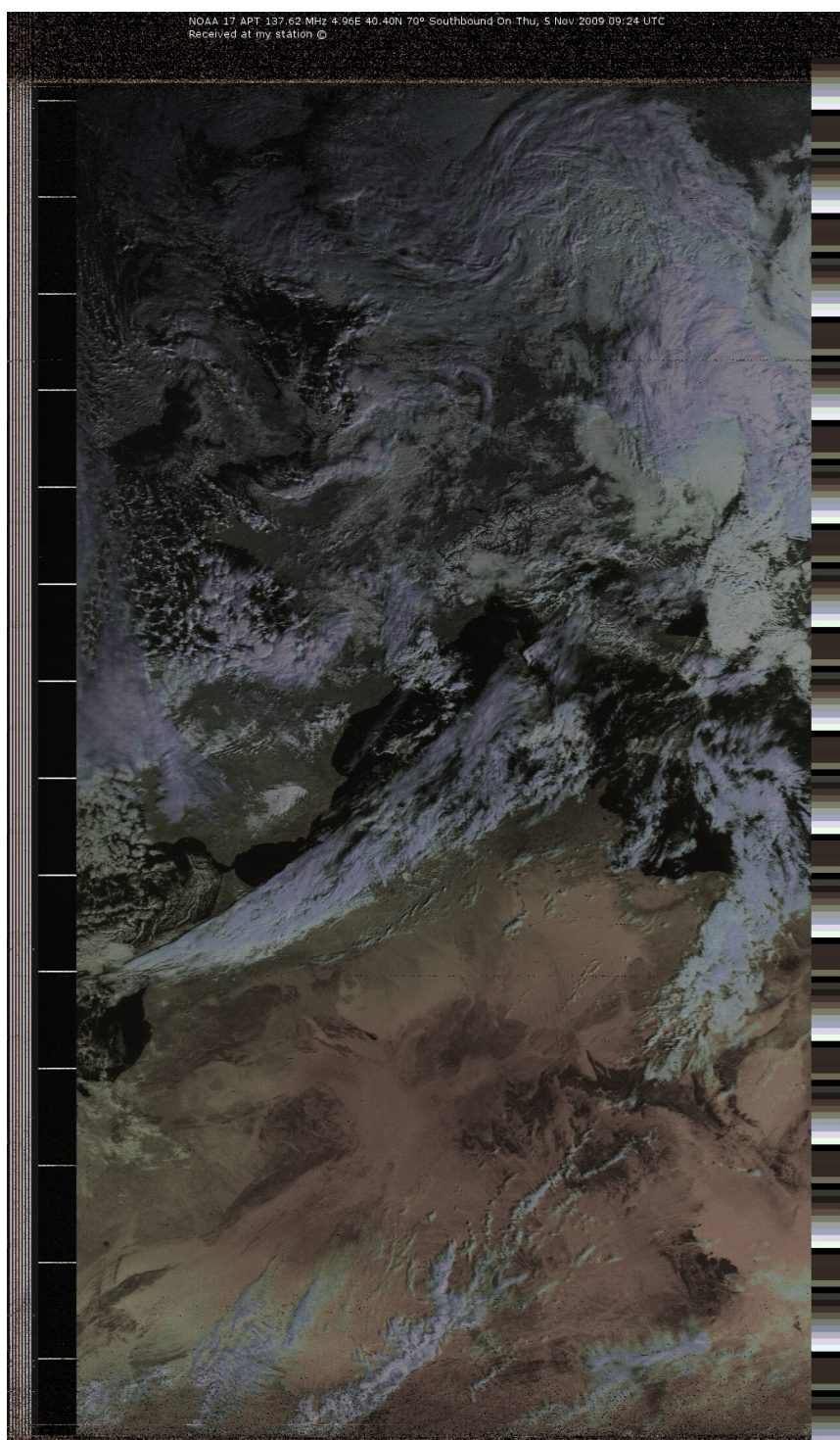


Figura 5.7: Imatge en fals color, obtinguda del NOAA 17 el 5 de Novembre de 2009.

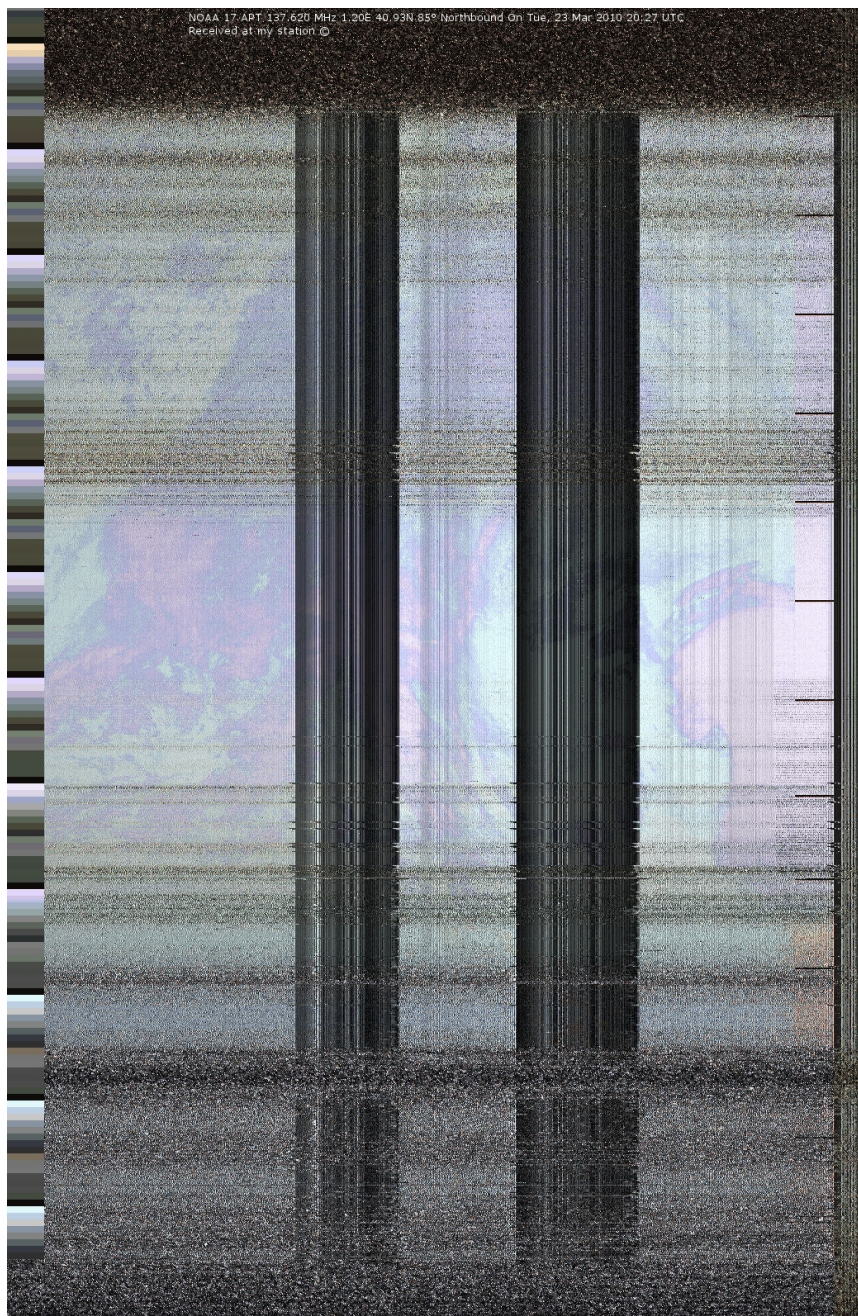


Figura 5.8: Imatge en fals color, obtinguda del NOAA 17 el 23/3/2010. En aquelles dates el NOAA 17 va tenir problemes tècnics.

5.4 Imatges obtingudes amb les QHA i WXtoImg

WXtoImg és un altre programa de descodificació APT, en la línia de l'APTD decoder.

La principal diferència amb l'APTD decoder és que el WXtoImg pot funcionar sobre Linux sense necessitat d'usar un emulador i també activa el processat d'imatge automàticament, oferint en varis formats la imatge adquirida.

Per contra, algunes funcions del programa no són gratuïtes, havent d'adquirir una versió premium per a poder-les usar.

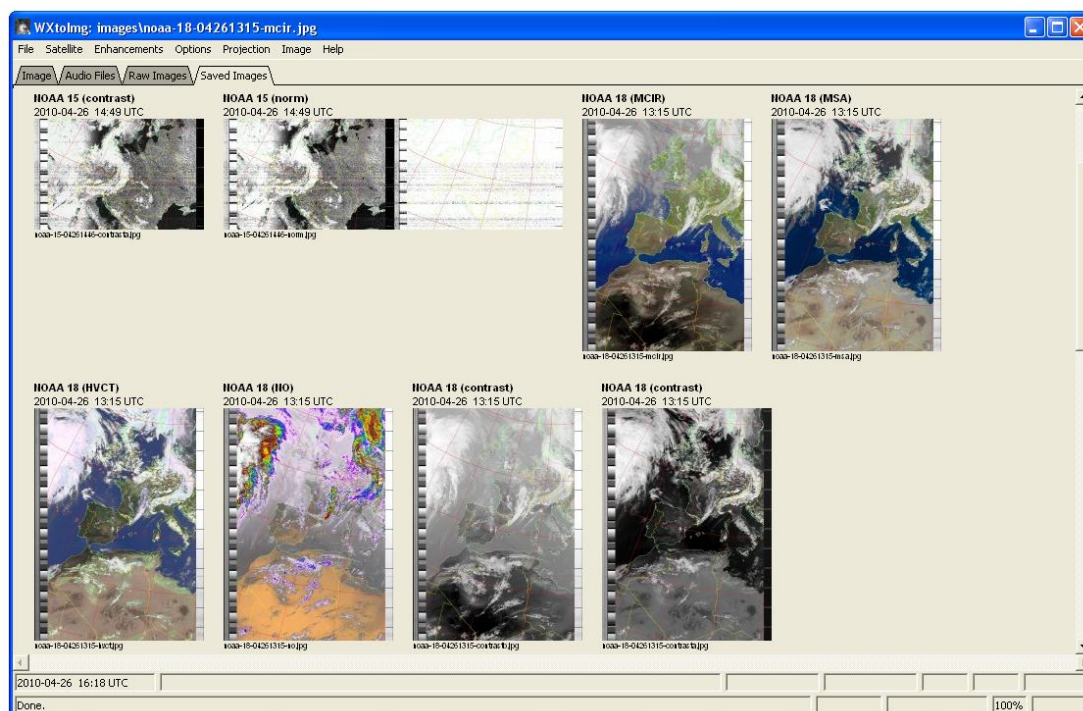


Figura 5.9: Varies opcions de processat de WXtoImg.

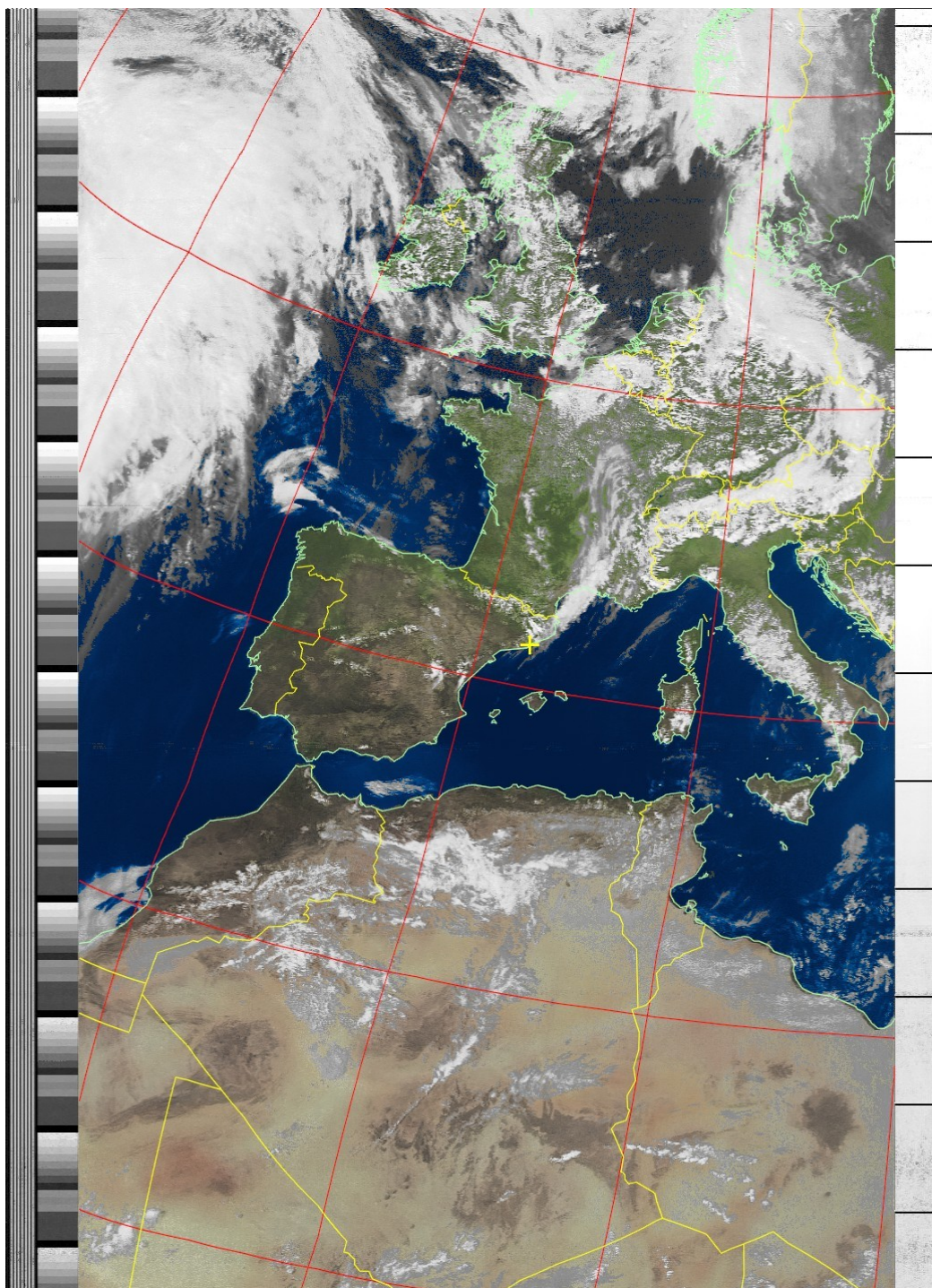


Figura 5.10: Imatge obtinguda amb la QHA i descodificada amb WXtoImg.

5.5 Proves de recepció amb una antena monopol per FM

Una de les proves va ser rebre la senyal dels NOAA amb un monopol de ràdio FM comercial.

La idea és que amb una antena de polarització lineal és pot rebre almenys una de les dues components que formen la polarització circular. La finalitat és veure si això es possible i si es poden obtenir imatges amb una qualitat acceptable.

Per a fer la prova és va situar l'antena monopol horitzontalment sobre un mànstil al terrat del D4, es va usar una etapa previa d'amplificació i el receptor utilitzat va ser el receptor digital ICOM PCR-1000.

Es va aconseguir rebre la senyal únicament quan es satèl·lit estava situat sobre la base. La qualitat era tant baixa que ni l'APTDecoder podia usar les opcions de processat d'imatge.



Figura 5.11: Detall del monopol horitzontal sobre el mastil.

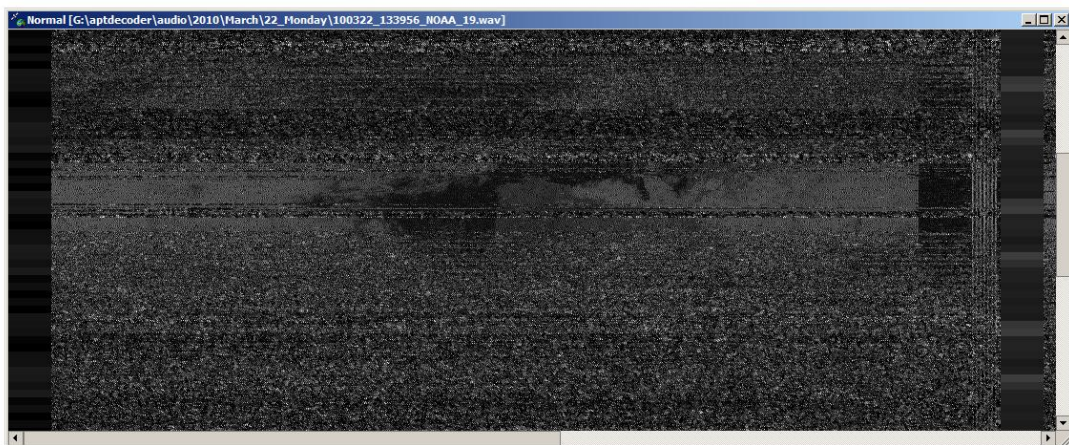


Figura 5.12: Imatge rebuda usant un monopol de RF comercial com antena. En el centre de la imatge es pot distingir la part nord de la península.

5.6 Receptor específic o d'ús general

Per a la recepció d'imatges de satèl·lits meteorològics d'òrbita polar s'usen bàsicament dos tipus de receptors, receptors dissenyats per aquest fi, i receptors d'ús general capaços de rebre les freqüències dels satèl·lits.

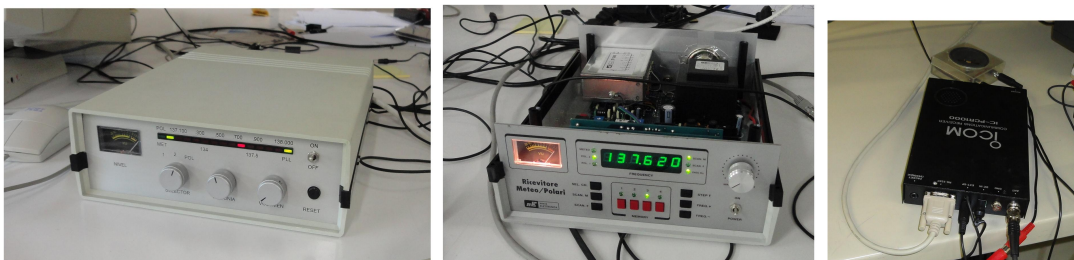


Figura 5.13: Dos receptors específics a l'esquerra. El receptor de la dreta es d'ús general.

Els receptors específics sol poden rebre en una banda estreta de freqüències (136-139Mhz) i acostumen a venir en forma de kits de muntatge, ja que la demanda d'aquests receptors no es prou gran com per a poder-los trobar a les tendes. Els dos que hi ha al laboratori del D4 són de la revista *Nueva Electronica*. El procediment que use aquests receptors és anar escanejant contínuament les freqüències dels NOAA, prèviament configurades a la memòria del receptor. Si el receptor rep suficient nivell de senyal en una freqüència com per enganxar el PLL, para d'escanejar fins que la senyal d'entrada es desenganxi del PLL. Aquest tipus de receptors ja duen incorporada una corrent contínua en la connexió d'antena per alimentar l'amplificador previ.

Els receptors d'ús general, com l'ICOM IC-PCR1000, poden rebre senyals des d'uns pocs Khz fins a varis Ghz i es controlen a través del PC. A diferència dels receptors específics, aquests no escombren les freqüències dels NOAA fins a trobar la senyal sino que el mateix programa de descodificació s'encarrega d'engagar el receptor i sintonitzar-lo correctament quan passa un satèl·lit. Tot això s'ha de configurar prèviament i és molt important tindre els *keplerians* i les freqüències de transmissió de cada satèl·lit actualitzades.

Si s'usa un receptor d'aquest tipus s'ha d'incorporar una etapa entre el receptor i l'amplificador previ, aquesta etapa incorpora la contínua necessària per alimentar l'amplificador sense modificar la senyal provinent dels NOAA.

Al laboratori s'han provat els dos tipus de receptors. Els receptors específics donen uns resultats una mica millors en quan a qualitat d'imatge, però s'han aconseguit bones imatges amb els dos tipus de receptors.

5.7 El Balun a la QHA

El balun és un dispositiu que converteix una línia de transmissió balancejada a no-balancejada i viceversa. La QHA (així com moltes antenes) té una sortida balancejada i el cable coaxial que duu la senyal fins al receptor és una línia no balancejada, pel que es necessita un balun per connectar-los. Al laboratori es van fer proves per veure fins a quin punt afectava el balun al sistema general.

Una línia balancejada és una línia on cada conductor té una tensió oposada, respecte el terra. D'aquesta manera per cada conductor circula una corrent oposada a la que circula per l'altre conductor. El cable bifilar és un exemple de línia balancejada.

En una línia no-balancejada un dels conductors està connectat a terra i no hi circula ni tensió ni corrent, que circula tota per l'altre conductor. El conductor connectat a terra envolta l'altre en forma de malla al llarg de tot el cable. El cable coaxial és un exemple de cable no-balancejat.

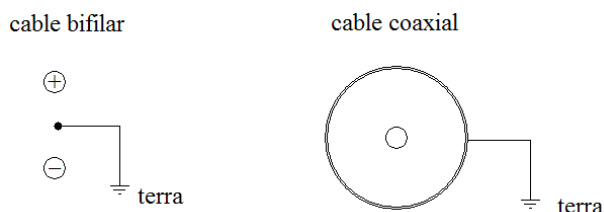


Figura 5.14: Línia balancejada i no-balancejada.

Quan es connecta una antena simètrica a un cable coaxial, s'està creant una impedància entre la part superior del coaxial i terra. Això farà que circuli una corrent cap a terra per la part exterior del coaxial.

La magnitud d'aquesta corrent depèn del valor de la impedància vista entre la malla del cable coaxial i terra. Si aquesta impedància és molt baixa, circularà tanta corrent per la malla que aquesta es pot considerar com un element radiant més, distorsionant així el diagrama de radiació de l'antena. Per evitar això s'introdueix el balun.

Un dels baluns més populars i fàcils de construir és el que s'anomena *choke*. Aquest balun crea una impedància molt alta entre la malla i el terra, evitant així que hi circuli corrent. S'acostuma a usar un inductor per a crear aquesta impedància.

Al laboratori es van fer varies proves per a veure si la presència del balun realment afectava molt en la recepció de l'antena. Els baluns que es van usar van ser de cable bobinat sobre un nucli toroidal de ferrita, anelles de ferrita al voltant del cable coaxial i el mateix cable coaxial enrotllat formant una bobina. Es van fer mesures a l'exterior amb els tres tipus de baluns i varis tipus de nuclis de ferrita, els nuclis de ferrita estan dissenyats per a funcionar a una freqüència específica i es diferencien per seu color. També es van combinar entre ells.

Els resultats de les mesures amb l'MFJ-269 van ser que la ROE quasi no variava en els baluns de ferrita, en canvi per al balun contruït amb el rotlle de cable la ROE era quasi 1. En quant a les imatges rebudes amb balun i sense, la qualitat era la mateixa.



Figura 5.15: Detall dels baluns amb nucli toroidal de ferrita.



Figura 5.16: Els tres tipus de baluns que es van usar.

5.8 El Balun infinit o balun natural.

També hi ha un altre tipus de balun que es pot integrar en la construcció d'algunes de les QHA. Aquest balun s'anomena balun infinit o balun natural. En aquest balun el que es fa és cortocircuitar la corrent que passa per l'exterior de la malla, de manera que torni cap al viu.

Per a fer-ho es solden les parts inferiors de l'antena a la malla del coaxial, i aquest es fa passar per dins d'un dels loops de l'antena. Aquest balun està implícit en la construcció de l'antena i sol es pot contruir en les antenes fetes amb cable coaxial i que usen la malla com a element radiant i en les contruïdes amb un tub conductor.

L'antena de tub de coure s'ha contruït amb balun infinit.

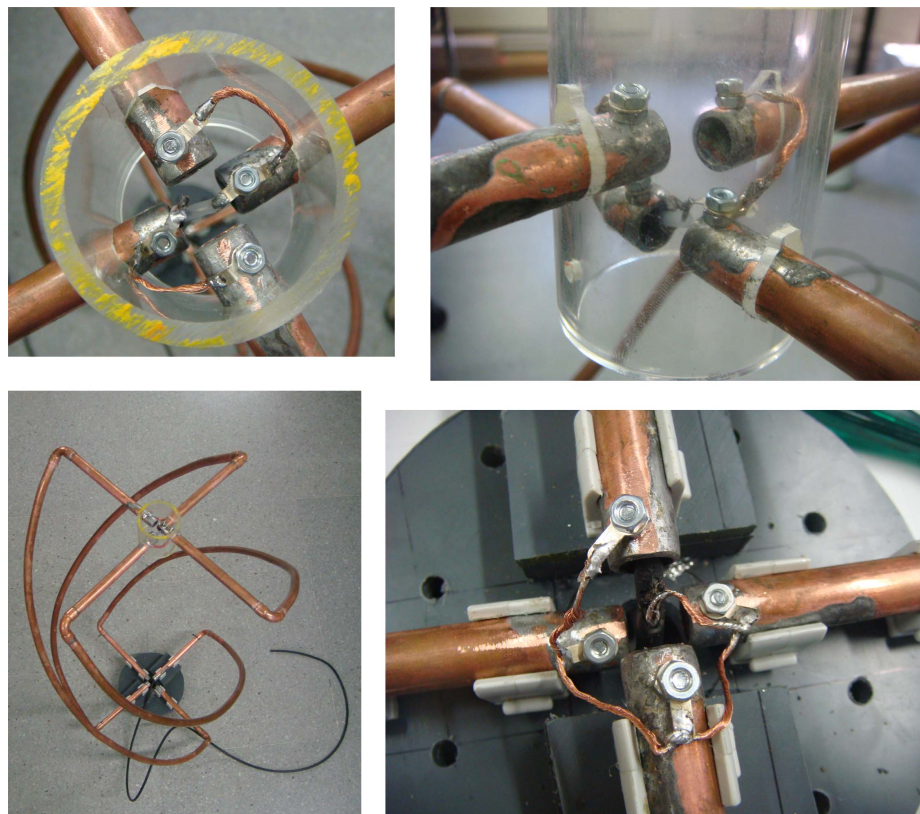


Figura 5.17: Detall de les connexions del balun infinit.

5.9 Importància de l'etapa prèvia d'amplificació

L'objectiu d'aquest experiment és mirar com afecta l'amplificador de l'etapa prèvia a tot el muntatge en el tema de soroll.

La principal funció de l'amplificador es compensar les pèrdues del cable coaxial que guia la senyal des de l'antena fins al receptor que hi ha al laboratori. Aquest és un cable d'antena convencional, dels que s'usen en les instal·lacions de tv. El cable que hi ha al D4 mesura entre 20m i 30m, però es una distància que pot variar molt depenent on estigui instal·lada l'antena.

Per analitzar la importància real de l'amplificador es van comparar dos muntatges diferents.

El primer amb previ i cable coaxial d'antena i el segon sense previ, endollant directament l'antena al receptor. En els dos casos es va usar el receptor digital ICOM PCR-1500 i la QHA construïda amb tub de coure de 12mm. En la figura TR es pot veure amb més detall els dos muntatges.

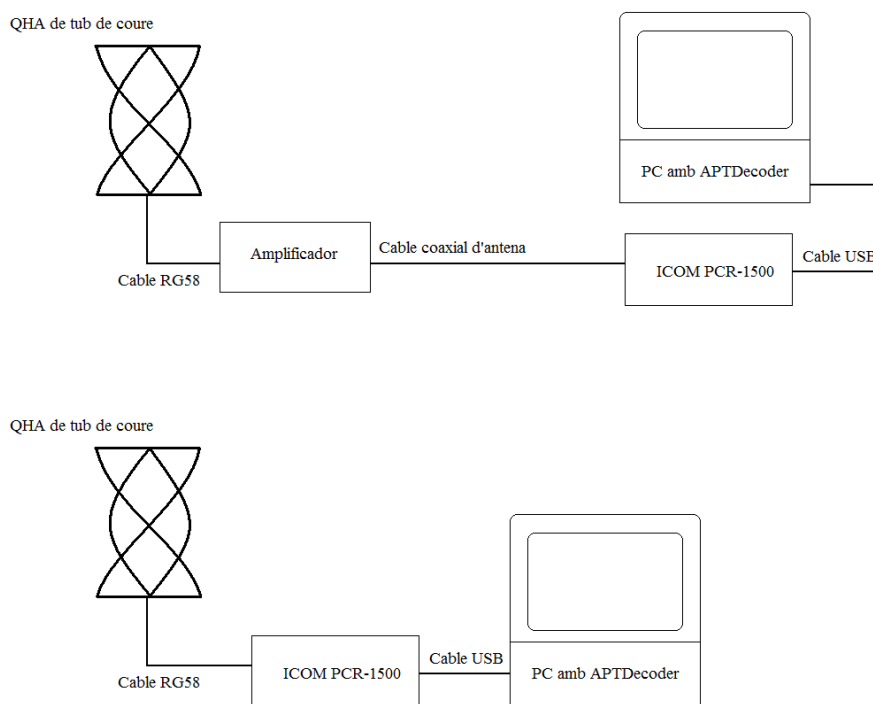


Figura 5.18: Detall dels dos muntatges

Per a realitzar l'experiment es va aprofitar dues passades molt seguides dels satèl·lits NOAA-18 i NOAA-19 per sobre la península. Els satèl·lits seguien una òrbita molt similar i amb una diferència de temps de 44 minuts entre les dues passades, pel que es podrien comparar fàcilment les imatges.

Els resultats, com es pot veure a la imatge 5.16, van ser que quan el satèl·lit està aprop de l'horitzó la imatge rebuda sense amplificador té més soroll que la rebuda amb amplificador. Quan el satèl·lit està lluny dels horitzons la imatge es rep molt bé en els dos muntatges.

Això es pot explicar amb la Llei de Friis, que diu que el soroll més important és el que introdueix la primera etapa. Així és veu que el receptor digital ICOM PCR-1500 és més sorollos que l'amplificador previ i la importància d'usar-lo.

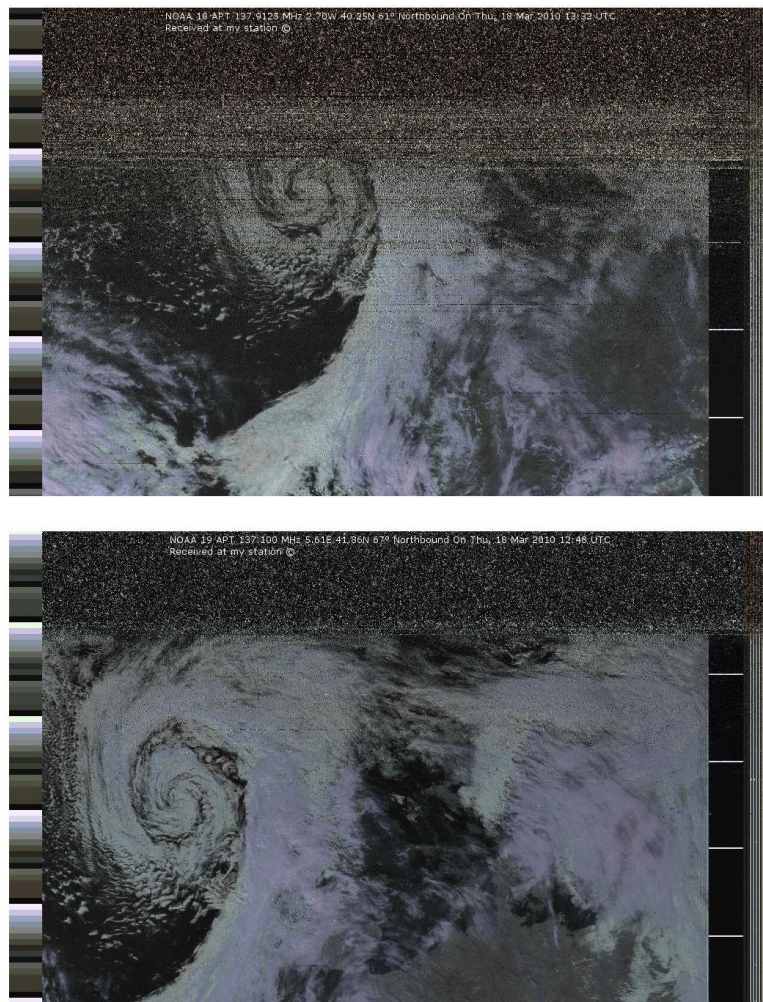


Figura 5.19: La imatge superior correspon al muntatge sense etapa previa i la inferior al muntatge amb etapa previa

Capítol 6

Instrumentacio no usual

6.1 Analitzador MFJ-269

El MFJ-269 és un analitzador d'impedàncies per a freqüències de radio. Entre d'altres coses, serveix per mesurar la impedància d'una antena i la seva ROE entre les freqüències de 2-170 Mhz.



Figura 6.1: Vista de l'analitzador MFJ-269.

El seu funcionament és molt senzill. A la part superior te un connector SO-239, on es conecta l'antena a mesurar. Després es selecciona la freqüència i el MFJ-269 mostra per la pantalla la impedància (tant la part resistiva com la part reactiva) i la ROE.

Per connectar l'antena al MFJ-269 s'ha d'usar un cable coaxial d'impedància 50Ω o la mesura serà errònia, ja que el MFJ-269 ha estat dissenyat per treballar amb línies de 50Ω . Si es vol fer alguna altra mesura es pot fer fàcilment connectant una altra línia de diferent impedància a continuació de la de 50Ω i fent les correccions necessàries amb la carta d'Smith.

El preu d'aquest analitzador és d'uns 300 euros l'any 2010 i es pot adquirir a qualsevol tenda especialitzada en radio o per internet.

6.2 ICOM PCR-1500 i PCR-1000

L'ICOM PCR-1500 o l'anterior model PCR-1000, és un receptor digital de banda ampla. Aquest es controla a través del PC, en el cas de l'ICOM PCR-1500 aquesta connexió es fa per cable USB, mentre que en l'ICOM PCR-1000 s'usa un port sèrie.

Està dissenyat per utilitzar-se amb Windows i no demana un ordinador molt potent per funcionar (mínim Pentium III amb 256Mb de RAM i 50Mb d'espai lliure al disc). El seu preu, l'any 2009-2010, oscil·la al voltant de 500 euros.



Figura 6.2: Vistes de l'ICOM PCR-1500

Algunes característiques de l'ICOM PCR-1500 són les següents.

- freqüència de sintonia des de 0.495MHz fins a 3000.000MHz, amb variació mínima d'1Hz.
- Modulacions disponibles AM, FM, WFM, USB, LSB i CW.
- Entrada d'antena BNC de 50Ω.

El receptor es controla des d'una interfície gràfica que permet variar diferents paràmetres, com són freqüència, SPAN, mode, tipus de filtrat, etc...

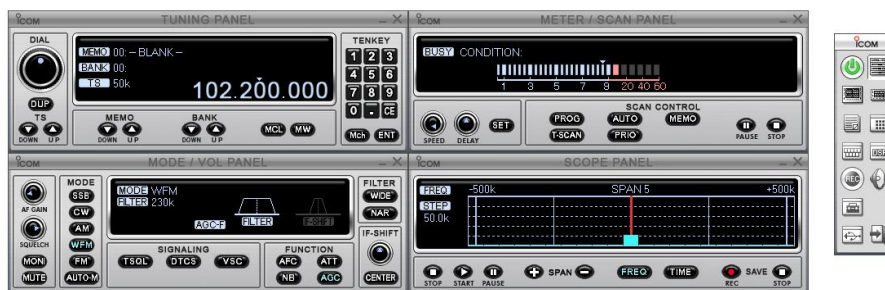


Figura 6.3: Interfície gràfica i controls per a l'ICOM PCR-1500

També hi ha l'opció de controlar el receptor des d'altres programes. Això ho pot fer el APTDecoder i és molt útil per automatitzar la recepció de la senyal dels NOAA, ja que el mateix programa s'encarrega d'engegar, sintonitzar i apagar el receptor un cop ha passat el satèl·lit. Usar un receptor digital també permet enregistrar la potència rebuda en cada instant de temps i representar-ho en una gràfica per obtenir una imatge aproximada del diagrama de radiació de l'antena.

L'únic inconvenient que te controlar l'ICOM des d'un programa extern és que no hi ha la opció de configurar tants paràmetres com des del programa oficial. A més la interfície és més senzilla, ja que ha de ser capaç de controlar varis receptors digitals i no esta dissenyada per un model específic.

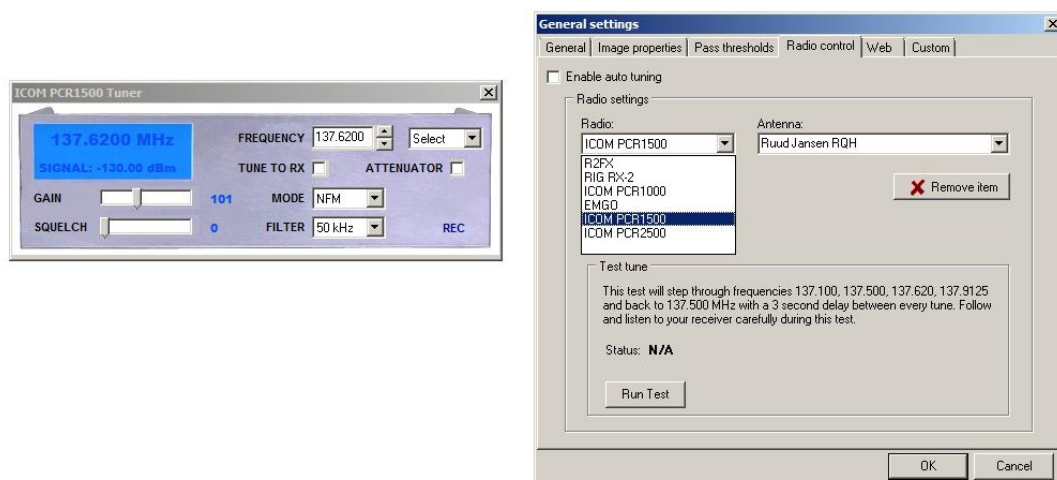


Figura 6.4: Interfície de control per a receptors digitals de l'APTDecoder

El receptor també disposa de moltes altres funcions (memòria, monitorització de varis canals, enregistrament etc...) que no són necessàries per aquest treball.

Per a la informació completa del receptor, es pot visitar la web del fabricant.

<http://www.icomamerica.com/en/products/receivers/pc/pcr1500/default.aspx>

Capítol 7

Programes utilitzats

7.1 FEKO

FEKO és un software de simulació de camps electromagnètics. El seu nom prové d'una abreviació alemanya que ve a dir algo com 'càlcul del camp d'objectes de forma arbitrària'.

Tot i que el programa no es lliure, es pot obtenir una versió reduïda del programa per a estudiants, aquesta versió és gratuïta i sol demana que l'usuari es registri a la seva web. Aquesta versió reduïda s'anomena FEKO LITE i té algunes limitacions en quant al nombre d'elements a simular i al nombre de punts de camp llunya a calcular, pero no es cap problema, a menys que es vulguin simular estructures molt complexes i amb una gran precisió.

El software discretitza l'estructura que es vol simular en elements simples (dipols, plans conductors senzills, etc) per després aplicar les equacions de Maxwell a cada element.

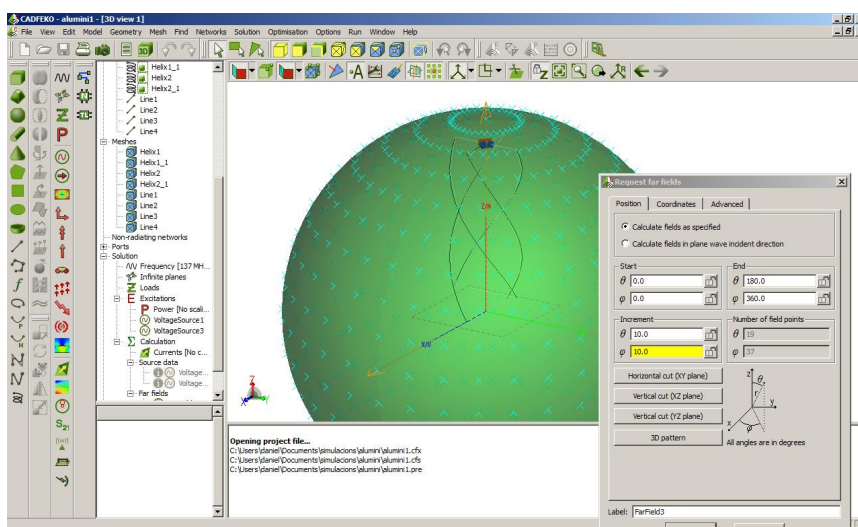


Figura 7.1: Entorn grafic del FEKO

7.1.1 Com simular una QHA antena amb FEKO

Abans de simular l'antena, s'ha de definir la seva forma a base d'unir diferents elements conductors.

Aquests poden ser plans conductors, així com les diferents formes geomètriques que es puguin construir amb varis plans, cubs, cilindres, trapezis, etc.. Per altra banda també es pot treballar amb elements unidimensionals com són els fils conductors o una barreja de fils i plans conductors.

En l'apartat de fils conductors, es poden definir rectes, el·lipses, hèlixs, corbes, paràboles, corbes de bezier, etc... Per a crear la QHA s'usen 4 hèlixs i 4 rectes.

Cada loop esta format per 2 rectes i dos hèlixs. Per a definir les rectes s'ha d'introduir, en metres, el punt inicial i el punt final de la recta. Per a definir les hèlixs, s'ha de definir el radi inicial, el radi final, la torsió o el nombre de voltes i l'altura.

Un cop creats els elements, es poden rotar, traslladar, duplicar, etc.. A vegades en els elements situats ens direccions diferents als eixos, resulta més fàcil crear l'element en el centre de coordenades i després dur-lo al seu lloc que crear-lo directament en la posició que ha d'ocupar en l'espai.

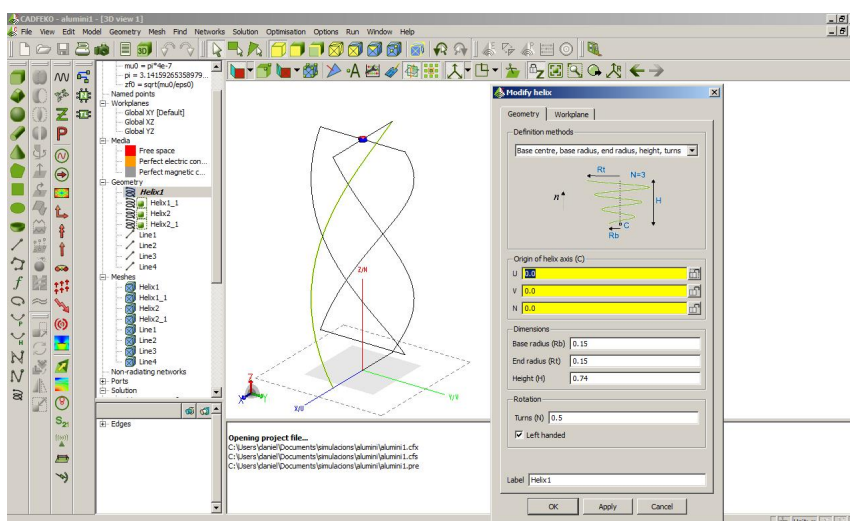


Figura 7.2: Definint una estructura amb FEKO

Amb l'estructura ja definida, el següent pas es situar-hi les excitacions. Aquestes poden ser fonts de tensió o de corrent.

En el cas de la QHA són necessàries dos fonts de tensió, de la mateixa amplitud i desfasçades 90°. Per a fer-ho, s'ha de clicar amb el boto dret sobre el paràmetre *Ports*, situat a la barra esquerra de la pantalla. En el submenú que s'obrirà, anar a *Create port* → *Wire port*. Aquesta acció defineix un port per a posar-hi alimentació en el fil conductor que es seleccioni.

Per alimentar el port clicar a la icona de *Voltage source*, del menú de l'esquerra, i seleccionar la tensió i la fase amb que es vol alimentar.

Un cop ja definida tant l'estructura com les seves alimentacions s'han de definir els paràmetres de simulació:

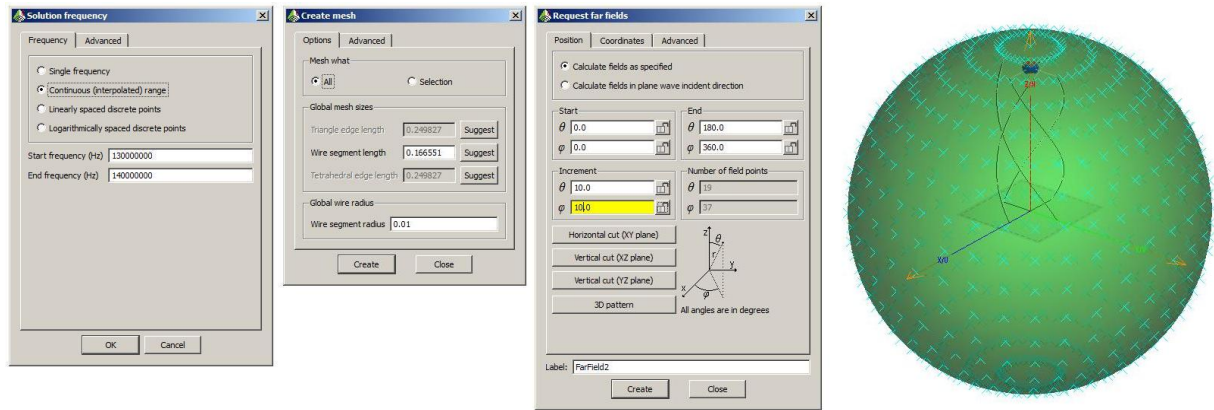


Figura 7.3: Com definir els paràmetres amb FEKO

- Per a definir la freqüència o el rang de freqüències de simulació anar a *Solution* → *Set frequency*. Escollir el tipus de simulació desitjada i el rang freqüencial.
- Per a definir la longitud dels segments en que el FEKO discretitzarà els elements anar a *Mesh* → *Create mesh*. Ara pots definir la longitud dels elements o clicar a *Suggest* per que el programa agafi els que cregui convenient segons la freqüència definida. Aquí també es pot definir el radi dels elements.
- Com a últim s'ha de definir quants punts de camp llunyà es necessari que calculi el FEKO, si es posen molts punts i no es té un ordinador potents pot ser que trigui una estona o que la versió FEKO Lite no pugui calcular tants punts. Clicar *Solution* → *Request far fields*, al menú que s'obre clicar a *3D pattern* per veure els punts. Per aquest treball ja s'obté un bon resultat calculant un punt cada 10 graus tant en φ com en ϕ .
- Si el vol visualitzar els corrents de l'antena es pot activar la opció a *Solution* → *Current output*.

Per començar la simulació clicar *Run* → *FEKO* o *Alt+4*, situat al final del menú superior. Si no ha donat cap problema, es poden veure els resultats de la simulació, executant *Run* → *POSTFEKO* o *Alt+3*.

7.1.2 Resultats d'una simulació amb POSTFEKO

El POSTFEKO és un programa que permet veure els resultats de la simulació feta amb FEKO, tant numèricament com en gràfiques 2D i 3D.

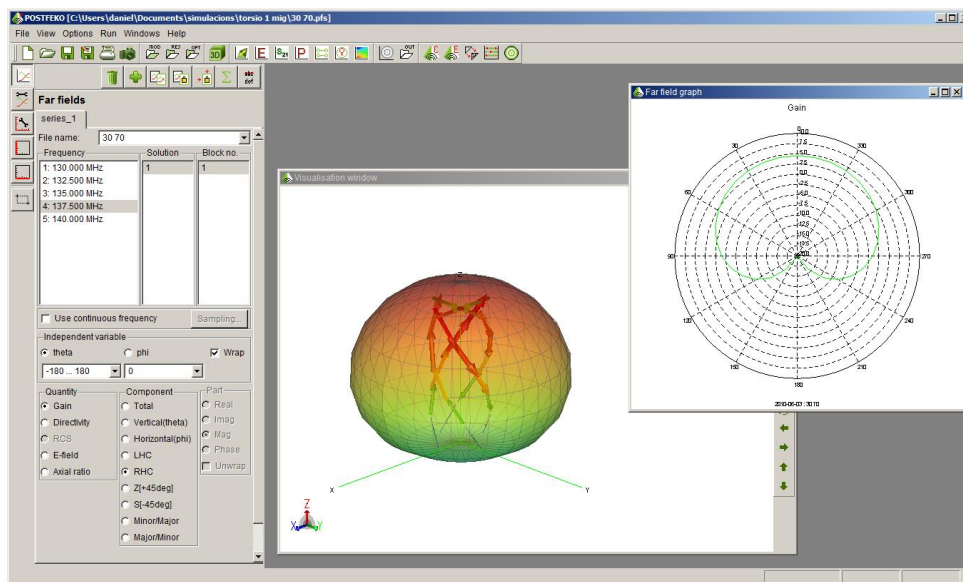


Figura 7.4: Imatge del POSTFEKO

Per aquest treball s'han usat les gràfiques 3D per a fer-se una idea general de com radia l'antena. Com totes aquestes antenes tenen una teòrica simetria respecte l'eix Z, després es fa un tall en 2D que permet veure de manera més acurada la forma del diagrama de radiació i el seu valor per a cada angle.

Els paràmetres d'ambdós gràfiques, 3D i 2D, són configurables amb la única limitació és que la freqüència ha d'estar dins el rang definit abans de la simulació. Hi ha varis apartats:

- En el primer menú, el de camp llunyà, es pot escollir la freqüència en cas que n'hi hagi més d'una. També es pot triar la component del guany que es vol visualitzar, total, circular a dretes, circular a esquerres, segons θ , segons ϕ , etc...
- POSTFEKO dona la opció de superposar més d'una gràfica, el segon botó permet configurar els colors i tipus de línies.
- Al tercer botó es defineixen les opcions generals. En quines coordenades s'ha de presentar la gràfica i les opcions de llegenda.
- Al quart botó es poden configurar les opcions d'amplitud. Com s'ha de presentar l'amplitud (lineal, logarítmica o en dB's) i entre quins valors s'ha de dibuixar la gràfica. Si es té previst superposar varies gràfiques per a fer una comparativa, és important definir prèviament un patró de valors comú per a totes les gràfiques.

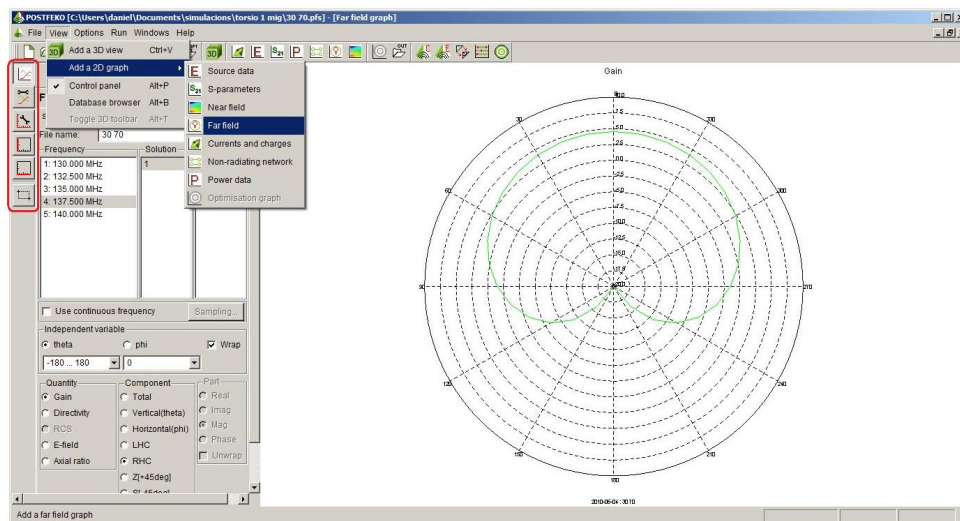


Figura 7.5: Grafica en 2D. El requadre roig marca les opcions de configuracio.

- Finalment l'ultim botó dona la possibilitat de configurar els angles de la gràfica i les seves divisions.

Al POSTFEKO també es pot visualitzar l'evolució en temps real dels corrents instantanis a l'interior de l'antena, si s'ha activat la opció *textitSolution* → *Current output* abans de simular.

7.2 Orbitron

L'Orbitron és un 'Satellite tracking system', que es pot traduir com a sistema per al seguiment de satèl·lits. És un programa senzill, que quasi no consumeix recursos i que compleix a la perfecció la seva feina, mostrar en temps real la posició dels satèl·lits, la seva trajectòria i la cobertura de la senyal. A més, permet avançar i retrocedir en el temps, de manera que es pot veure la situació dels satèl·lits tant en moments passats com futurs.

A la part dreta de la pantalla hi ha un menú que permet seleccionar els satèl·lits que es mostren per la pantalla i a la part inferior un menú que et permet manipular l'eix de temps. També permet situar la posició de l'observador sobre el mapa per tal d'avisar-lo quan un satèl·lit passa per l'horitzó.

A més de satèl·lits meteorològics també pot fer el seguiment d'altres tipus de satèl·lits (científics, militars, ...) i es manté actualitzat a través d'internet per tal d'anar corregint les desviacions en les òrbites dels satèl·lits.

Es pot descarregar gratuïtament la última versió del programa de la web del seu creador *Sebastian Stoff* a <http://www.stoff.pl/>

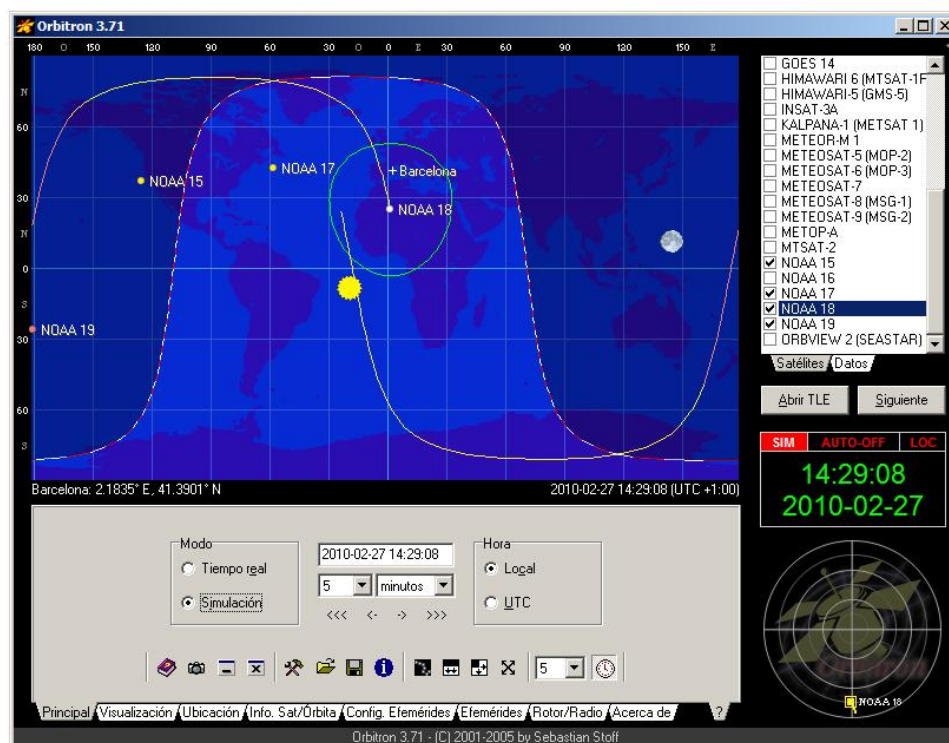


Figura 7.6: El NOAA 18 passant per Barcelona

7.3 APTDecoder

L'APTDecoder és un programa lliure que permet enregistrar i descodificar la senyal dels satèl·lits NOAA. Funciona sobre Windows i es recomana un 512 MB de RAM per que funcioni correctament. Es pot descarregar de la web <http://www.poes-weather.com/>.

El programa rep la senyal provinent del receptor a través de la tarja de so del PC. Generalment la tarja de so que poten integrada la majoria d'ordinadors es suficient per obtenir una bona qualitat d'imatge. També es pot usar una tarja de so externa, com pot ser una controlada per USB, en cas de que la integrada introdueixi molt soroll.

El programa comença a descodificar i enregistrar automàticament quan calcula que un satèl·lit s'aproxima per l'horitzó i guarda l'arxiu .wav sense descodificar i la imatge ja descodificada a l'ordinador. Ho guarda segons el dia, més i any que s'ha rebut, de manera que sempre es pot revisar una imatge o arxiu wav anterior. Per a calcular quan l'observador està sota la cobertura d'un satèl·lit, el programa usa les coordenades GPS de l'observador, introduïdes per l'usuari i la informació de les òrbites dels satèl·lits, que s'obtenen i actualitzant a través d'internet.

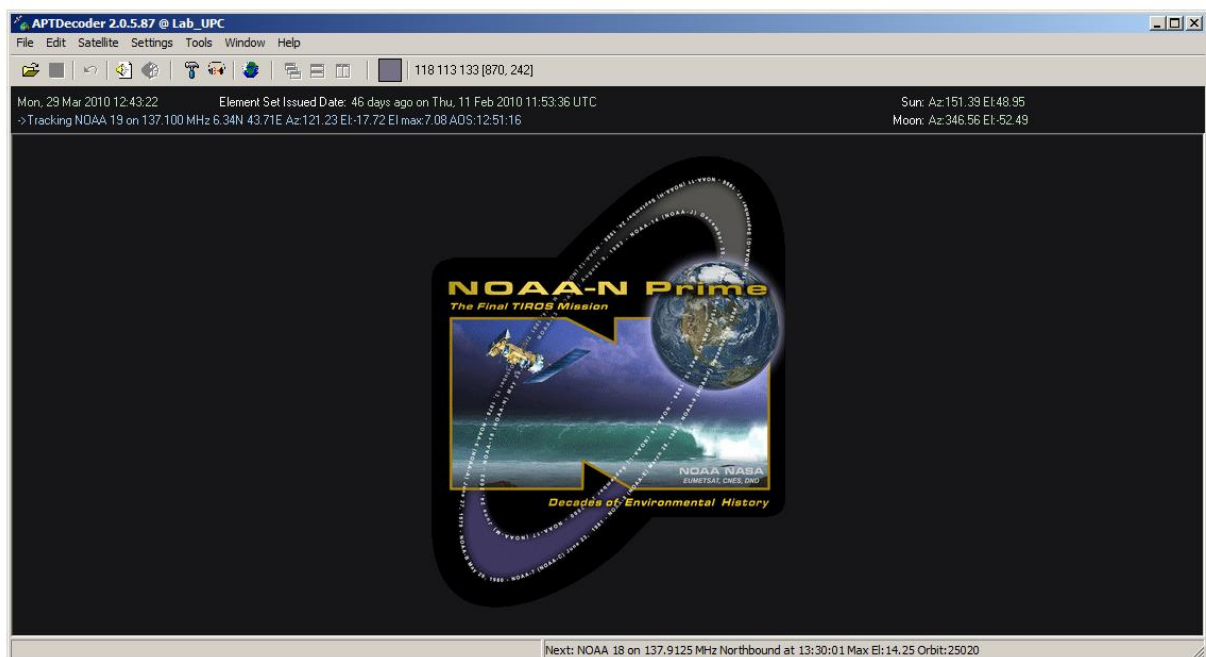


Figura 7.7: Vista general de l'APTDecoder

Si es disposa d'un receptor digital, l'APTDecoder dona l'opció d'enregistrar la potència rebuda en cada moment a mesura que el satèl·lit recorre la seva trajectòria. Això permet obtenir el diagrama de radiació de l'antena en el semiplà superior.

7.3.1 Com configurar l'APTDecoder

Anar a *Settings* → *General settings...* per configurar els automatismes del programa. S'obre una finestra amb varis submenús. Al submenú *General*, es poden configurar les opcions d'enregistrament automàtic i al submenú *Radio control* es configura el model i connexió amb el receptor, en cas que aquest sigui digital.

Per indicar-li quins satèl·lits APT ha d'enregistrar, anar a la barra de menús i seleccionar *Satellite* → *Active APT satellites...* En el menú que s'obre, es poden seleccionar d'una llista els satèl·lits que volem enregistrar, així com definir manualment la freqüència a la que emet cada satèl·lit. Aquest últim punt és molt important si el receptor que s'usa és digital, com és el cas del ICOM IC-PCR1000 ó PCR-1500.

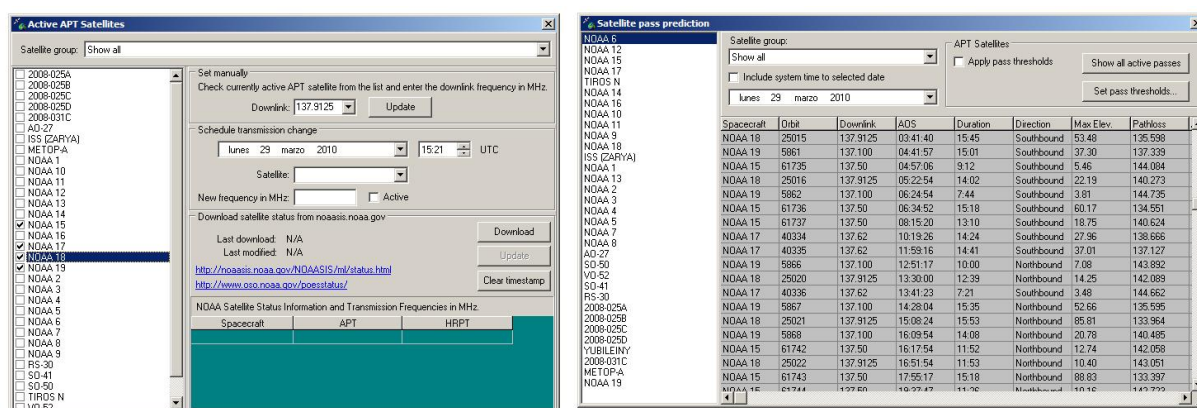


Figura 7.8: Llistat de satèl·lits a seguir i previsions de quan passaran

Per definir la posició de l'observador, per que el programa pugui calcular quan s'està sota l'AOS (Area Of Sight) d'un satèl·lit, seleccionar *Settings* → *Ground station...* de la barra de menús. S'obrirà una finestra on es poden introduir les coordenades GPS de l'observador.

Si es vol actualitzar els TLE, anar a *Satellite* → *Keplerian elements...* Seleccionar una font de les que apareixen a la finestra i clicar a *download*. Actualitzar les orbites dels satèl·lits és una operació que s'ha de fer sobint, per tal que coincideixi l'inici de l'enregistrament automàtic amb el pas del satèl·lit per l'horitzó. El mateix programa avisa quan fa temps que els TLE no s'han actualitzat.

7.3.2 Algunes opcions de processat d'imatge de l'APTD decoder

Ja enregistrada la imatge, l'APTD decoder ofereix varis processats d'imatge, que permeten obtenir més informació de la que proporcionen els dos canals per separat i mostrar-la gràficament. Totes aquestes opcions estan al menú *Images*.

La primera entrada del menú és *Spacecraft*, que dona les opcions de veure les interferències que ha rebut la senyal del satèl·lit durant la passada amb *Pass Analyzer...* i permet visualitzar tota la informació de la passada amb *Passinfo...*

Com a base per a mirar les diferents opcions usaré una imatge de la península, rebuda el 2 de Febrer de

Pass information				
Satellite: NOAA 19 APT 137.9125 MHz Northbound On Tue, 2 Feb 2010 13:29:03-13:44:37 UTC				
Recorded at: Lab_UPC 41N 2E Altitude 15 m				
Orbit: 5095	UTC	Position	Azimuth	Elevation
Acquisition of signal	13:29:03	12.85N 1.63E	180.78	0.0
Time of closest approach	13:36:47	39.84N 5.65W	261.25	47.7
Loss of signal	13:44:37	66.41N 20.82W	340.92	-0.0
Duration:	15:34			
Two line element set issued date: Thu, 29 Oct 2009 13:08:39 UTC				
1 33591U 09005A 09302.54767637 .00000330 00000-0 20727-3 0 2994				
2 33591 98.7601 244.8931 0013454 220.2063 139.8109 14.10997265 37383				
Video A: Visible-Near Infrared Channel 2				
Video B: Thermal Infrared Channel 4				
Image: 1040 x 1721 Duration: 14:20				
Wave: C:\aptdecoder\audio\2010\February\02_Tuesday\100202_132903_NOAA_19.wav				

Figura 7.9: Tota la informació referent a la passada

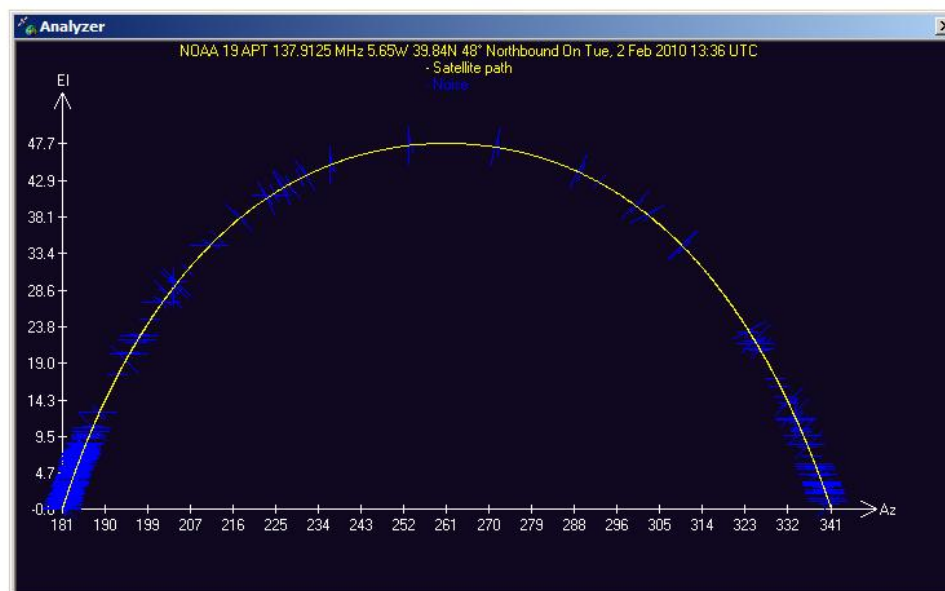


Figura 7.10: Interferències que ha rebut el satelit durant la passada

2010 al migdia pel satèl·lit NOAA 19, ja que és una bona captura i a més té alguna interferència que poder tractar.

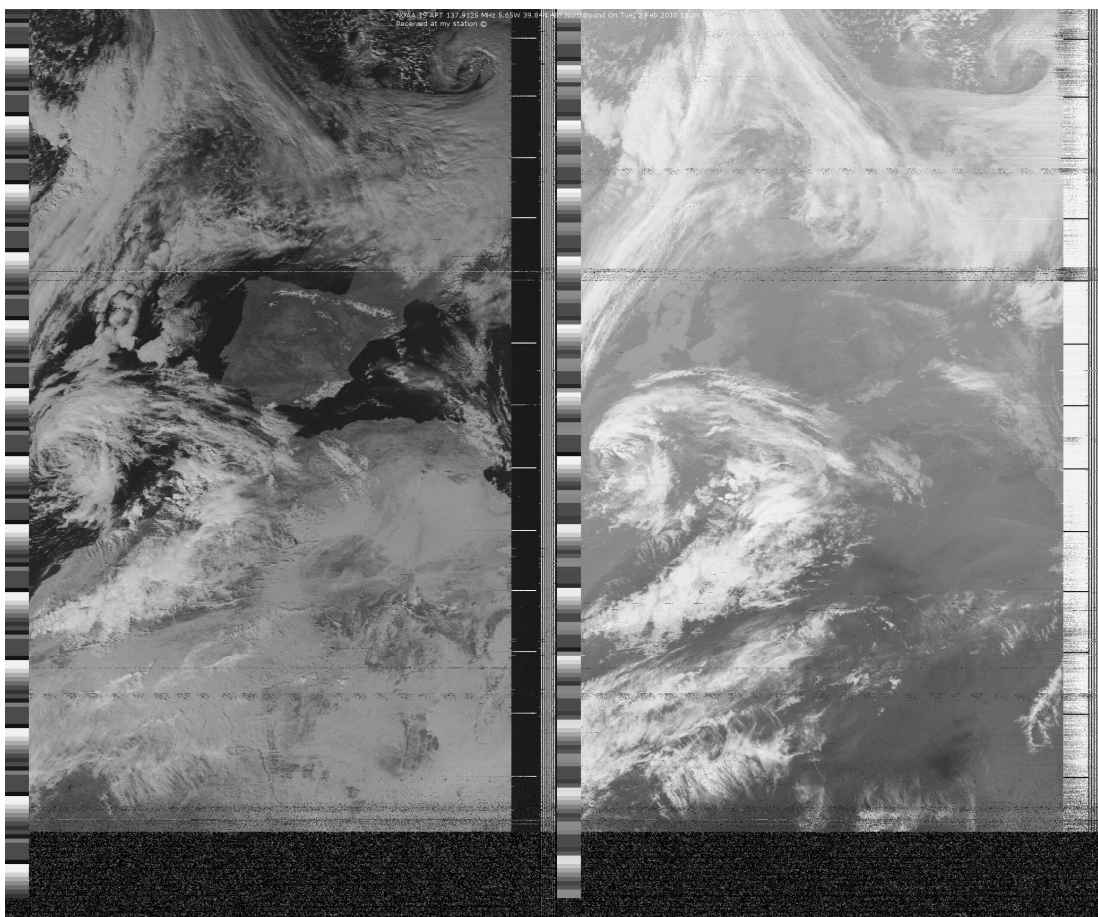


Figura 7.11: Canal visible i infraroig per separat

Una de les opcions més usades és la de generar una imatge en fals color a partir del canal visible i un canal infraroig. Tot i que aquesta opció no aporta informació addicional, permet fer-se una idea molt més clara de l'estat del cel.

Una altra opció és que el programa usi la informació dels dos canals per calcular la temperatura a cada punt del mapa. A més hi ha l'opció de destacar les zones fredes i calentes.

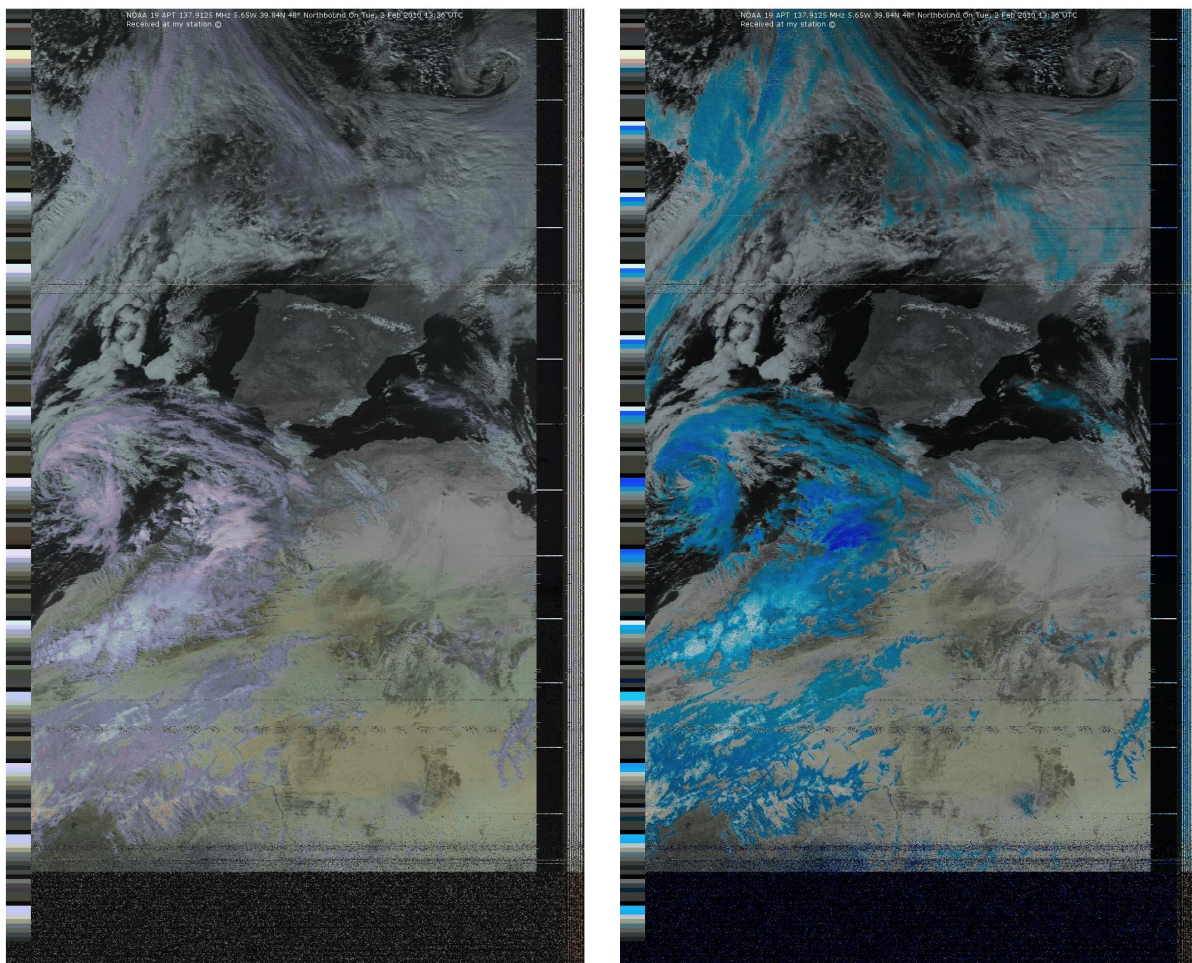


Figura 7.12: La imatge en fals color a l'esquerra i la imatge ressaltant les baixes temperatures a la dreta

7.4 EMANIM

L'Emanim és una aplicació que permet visualitzar ones electromagnètiques. Funciona sobre Windows, ocupa 3Mb i es pot descarregar gratuïtament de la web <http://www.enzim.hu/szia/emanim/emanim.htm>.

Permet visualitzar ones en tres dimensions i fer composicions per aconseguir diferents polaritzacions, variant la freqüència, amplitud i retard de cada component.

També es pot introduir un medi material en el camí de les ones i variar-ne el coeficient de refracció i l'atenuació, per tal de veure els efectes que provocaria sobre la ona resultant.

És un programa amb finalitats divulgadores, útil per fer-se una idea de com funciona la polarització del camp elèctric i visualment atractiu.

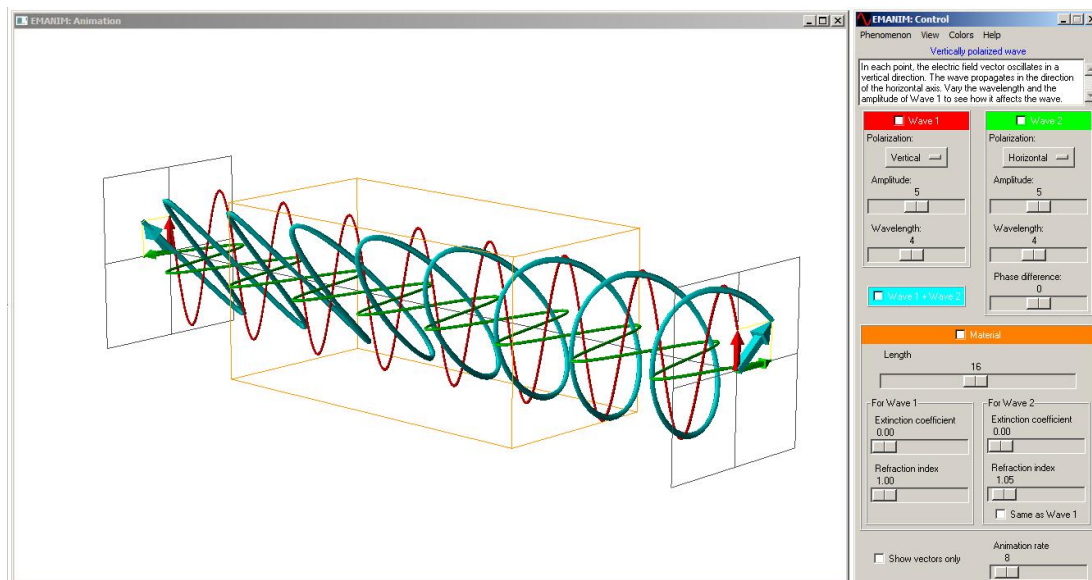


Figura 7.13: Imatge de l'EMANIM

7.5 PASAN

El PASAN és un programa que et permet usar la carta d'Smith per solucionar problemes d'adaptació d'impedàncies. És senzill, fàcil d'utilitzar i pot ser molt útil per a iniciar-se en el funcionament de la carta d'Smith.

La seva creadora és *Marien van Westen* i es pot descarregar de manera gratuïta de la web http://members.home.nl/mvanwesten/en_elek.html#pasan.

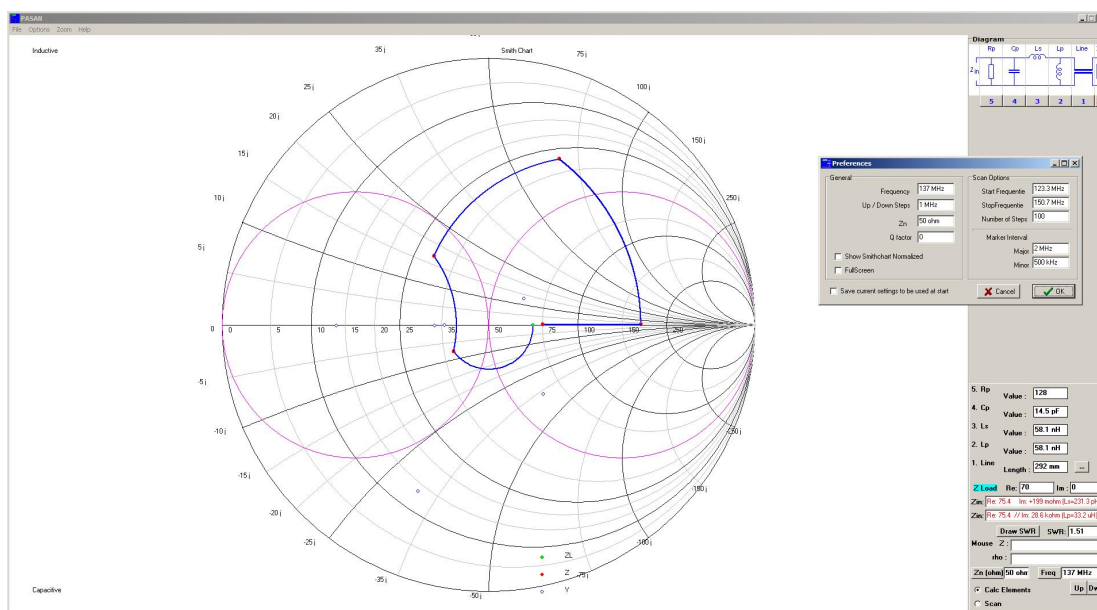


Figura 7.14: Imatge del PASAN

7.5.1 Com adaptar una impedància amb PASAN

A la part superior dreta de la pantalla hi ha un diagrama que mostra el circuit des de la càrrega Z_L fins a la impedància d'entrada que es veurà des de fora Z_{in} . Clicant amb el ratolí, en els espais buits, es poden afegir diferents elements en el circuit, càrregues resistives, inductives, línies de transmissió, etc... El valor d'aquests elements es pot definir numèricament o gràficament.

Per a defini-lo numèricament, sol cal introduir el seu valor en la casella corresponent de les que hi ha a la part inferior dreta de la pantalla.

Per a introduir el valor gràficament, s'ha de seleccionar l'element i anar clicant sobre la carta d'Smith fins a obtenir el valor desitjat. Aquest segon mètode és el més útil a l'hora d'adaptar impedàncies ja que el que es busca és el valor dels elements a partir d'una impedància d'entrada desitjada Z_{in} .

Com a exemple, adaptaré una càrrega de 30Ω a 50Ω amb PASAN, usant dues línies de transmissió de 50Ω i 75Ω a la freqüència de 137MHz . Aquestes línies de transmissió volen representar dos cables coaxi-

als, RG-58 i RG-59.

1. Definir la freqüència a 137MHz, a la part inferior dreta de la pantalla.
2. Donar un valor de 30Ω a Z_L , en la casella de la part inferior dreta de la pantalla.
3. Afegir dues línies de transmissió en el diagrama del circuit i donar-li a una el valor de 50Ω i de 75Ω a l'altra. En cas que sigui necessari també es poden variar altres paràmetres de la línia, com son la velocitat de propagació i l'atenuació. En aquest cas no cal tocar cap valor, ja que la velocitat de propagació en els RG-58 i RG-59 és la que ve per defecte 0,67.
4. Assignar a la segona línia de transmissió, la de 75Ω , una longitud superior a $\frac{\lambda}{2} * v_{propagacio}$, de manera que dibuixi un cercle complet sobre la carta d'Smith. En el cas de l'exemple, això correspon a un valor de 0,73m aproximadament.
5. Clicant sobre la carta d'Smith, ajustar el valor de la línia de 50Ω de tal manera que la línia de 75Ω passi pel centre de la carta d'Smith, que correspon al valor de 50Ω per Z_{in} .
6. Ajustar la longitud de la línia de 75Ω per que aquesta finalitzi just sobre valor de 50Ω .

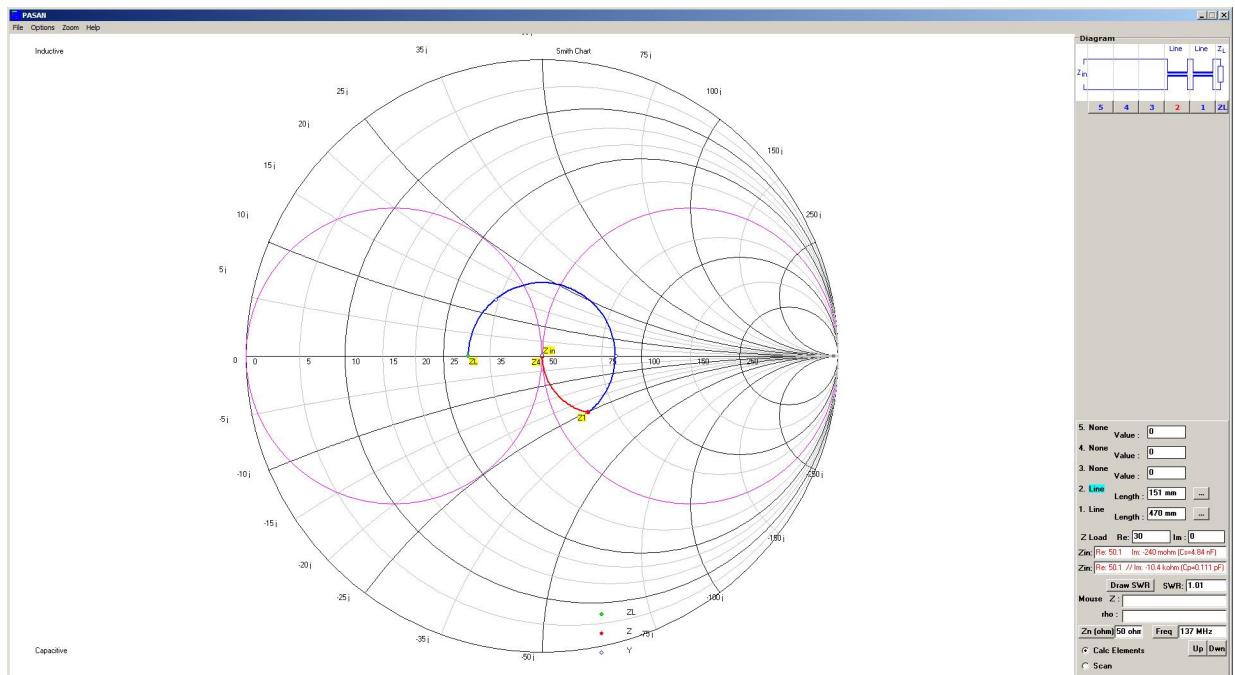


Figura 7.15: Adaptació de 30 a 50 Ohms

Capítol 8

Propostes de continuïtat

Construir altres variacions de la QHA.

Provar altres antenes diferents de la QHA i descriure els resultats. Quan vaig començar a fer aquest treball, la QHA era considerada la millor antena per a desenvolupar aquesta funció.

Tot i que els resultats de la QHA han estat molt bons, actualment la cosa està dividida entre gent que recomana la Double Cross i gent que recomana la QHA. Sembla que la Double Cross obtingui uns resultats similars i és més fàcil de construir.

Fer un estudi de les impedàncies amb un aparell més precís que el MFJ-269.

Implementar una estació amb software lliure (Linux). Tot i que en aquest treball s'han fet algunes proves i la majoria de programes funcionen amb *wine*, el sistema és poc estable i a vegades dona errors o no enregistra correctament.

Capítol 9

Bibliografia

Jesús Aguilera Sánchez. 2003. *Diseño y realización de una estación para la recepción de imágenes procedentes de los satélites de órbita polar*

R.W. Hollander. 1999. *Resonant Quadrafililar Helical Antenna* WORKING GROUP SATELLITES

NASA and NOAA. 2008. *NOAA-N Prime Booklet*

Varis Autors. *Antenas* EDICIONS UPC

R.O.Jansen. 2000. *The PADAT137 an RQH Antenna*

W2DU Chapter 22. *The Quadrifilar Helix Antenna*

W2DU Chapter 21. *Some Aspects of the Balun Problem*

George H. Brown i O.M. Woodward, Jr. *CIRCULARLY POLARIZED OMNIDIRECTIONAL ANTENNA*

Jean-Michel Friedt. 2005. *Satellite image eavesdropping: a multidisciplinary science education project* INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING

C. C. KILGUS. 1970. *Resonant Quadrifilar Helix Design*

THOMAS A. MILLIGAN. 2005. *MODERN ANTENNA DESIGN*

Patrik Tast and Jerry Martes. 2008. *Signal Plotter. A tool for evaluating APT Antenna Performance* Group for Earth Observation

Jeffrey R. Clark. 2003. *Multifilar Hemispherical Helical Antennas*

Gerald Martes, KD6JDJ. 2008. *Double Cross A NOAA Satellite Downlink Antenna*

Anthony Monteiro, AA2TX. 2007. *An EZ-Lindenblad Antenna for 2 Meters*
Anthony Monteiro, AA2TX. 2006. *A Parasitic Lindenblad Antenna for 70cm*

ON6WG/F5VIF 'EGGBEATER' ANTENA VHF/UHF

Eugene F. Ruperto. 1996. *The W3KH Quadrifilar Helix Antena*

<http://jcoppens.com/>

<http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/intro.htm>

<http://w2du.com/Reflections2.html>